

Jméno: Simona Velichová
Datum měření: 15. 3. 2023
Číslo skupiny: 7 - středa 8:00
Doba vypracování: 14 h
Náročnost/zábavnost úlohy : 5/10 ; 5/10
Klasifikace:

1 Pracovní úkoly

1. DŮ: Ve vztazích (2), (4) a (6) vyjádřete $\sin \theta$ pomocí polohy maxima/minima od středu a uražené dráhy laserového paprsku.
2. Změřte průměr tří nejmenších kruhových otvorů užitím Fraunhoferovy difrakce světla a s pomocí měřicího mikroskopu a výsledky srovnejte. 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 srovnejte 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 srovnejte s hodnotou uvedenou na mřížce.
5. Sestavte Michelsonův interferometr a změřte vlnovou délku laserového svazku.

2 Použité přístroje a pomůcky

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

3 Teoretický úvod

Viditelné světlo lze popsat jako postupnou, příčnou elektromagnetickou vlnu o vlnové délce 380 nm až 740 nm. Charakteristickou vlastností vln je princip superpozice, jenž se projevuje interferenčními jevy jako je interference a difrakce. Tyto jevy potvrzující vlnovou povahu světla lze zobrazit pomocí interferenčních obrazců, v nichž je následně možné pozorovat projevující se interferenční maxima a minima. Zásadní rozdíl mezi interferencí a difrakcí je v druhu zdroje vlnění - interferencí rozumíme skládání vln z diskrétních bodových zdrojů, difrakcí skládání vln ze zdrojů spojitě rozložených.

3.1 Difrakce na kruhovém otvoru, štěrbině a mřížce

Na základě vzdálenosti otvoru od zdroje L_z a vzdálenosti otvoru od stínítka L_d rozlišujeme dva druhy difrakce. Fresnelovu difrakci, kdy alespoň jedna ze zmíněných vzdáleností není asymptotická a difrakční obrazec představuje

rozložení intenzity světla jako funkci polohy a Fraunhoferovu difrakci, při které se obě vzdálenosti limitně blíží nekonečnu a difrakční obrazec představuje rozložení intenzity jako funkci směru.

Experimentální uspořádání se vždy bude blížit Fraunhoferově difrakci, přičemž díky podmínce $L \rightarrow \infty$ lze směr paprsků popsat pomocí téhož úhlu. V praxi jde o to splnit podmínku

$$L_i \lambda \gg d^2, \quad (1)$$

kde $L = L_d$ nebo L_z , λ je vlnová délka světla a d je rozměr otvoru.

Necháme-li laserový monochromatický paprsek projít kruhovým otvorem o poloměru $R = D/2$, budeme na stínítku pozorovat kruhová interferenční minima a maxima. Pro získání interferenčních minim se využívá Babinetova principu a Besselovy funkce prvního druhu $J_1(z)$, přičemž je třeba najít taková z , pro která $J_1(z) = 0$. Integrál Besselovy funkce nemá primitivní funkci, a proto se kořeny $J_1(z)$ hledají numerickými metodami. Prvních pět kořenů (s přesností na čtyři desetinná místa [2]) je zaznamenaných v Tab. 1.

z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
3,8317	7,0156	10,1735	13,3237	16,4706
$1,220\pi$	$2,233\pi$	$3,238\pi$	$4,241\pi$	$5,243\pi$

Tab. 1: Kořeny Besselovy funkce vyjádřené číselně a pomocí π . Hodnoty byly převzaty z [2].

Podmínky pro úhly odpovídající minimu θ vypadají následovně

$$\sin \theta_i = z_i \frac{\lambda}{D}, \quad \text{kde } i \in \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (2)$$

kde λ je vlnová délka, D je průměr kruhového otvoru a z_i kořen odpovídající řádu minima.

Průměr kruhového otvoru D lze experimentálně získat ze vztahu

$$D = z_i \frac{\lambda}{x} \sqrt{L^2 + x^2}, \quad (3)$$

kde L je uražená dráha vln a x vzdálenost interferenčního minima na stínítku.

Uvažujme rovinné monochromatické vlny dopadající na štěrbinu konečné šířky S . Pomocí Babinetova principu lze odvodit vztah

$$\sin \theta_{\min} = \frac{m\lambda}{S}, \quad \text{kde } m = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \left\lfloor \frac{S}{\lambda} \right\rfloor, \quad (4)$$

kde θ_{\min} je úhel, pod kterým pozorujeme konkrétní bod na stínítku, m řád maxima a λ vlnová délka. Šířku štěrbinu S lze experimentálně získat ze vztahu

$$S = m \frac{\lambda}{x} \sqrt{L^2 + x^2}, \quad (5)$$

kde L je uražená dráha vln a x vzdálenost interferenčního minima na stínítku.

Optická mřížka je ve většině případů skleněná destička s vrypy stejné šířky charakterizována svou mřížkovou konstantou d , která udává vzájemné vzdálenosti středů sousedních vrypů. Využitím Babinetova principu lze odvodit vztah

$$\sin \theta_{\max} = \frac{m\lambda}{d}, \quad \text{kde } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \left\lfloor \frac{d}{\lambda} \right\rfloor, \quad (6)$$

kde θ_{\max} je úhel vycházejících paprsků z mřížky, m řád maxima a λ vlnová délka paprsků. Mřížkovou konstantu d lze experimentálně získat ze vztahu

$$d = m \frac{\lambda}{x} \sqrt{L^2 + x^2}, \quad (7)$$

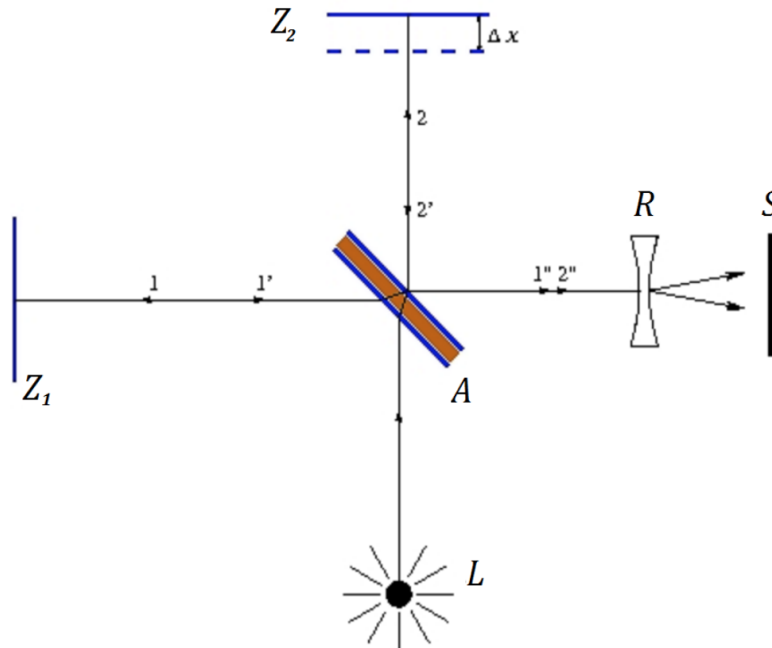
kde L je vzdálenost mřížky od stínítka a x vzdálenost interferenčního maxima na stínítku.

3.2 Michelsonův interferometr

Michelsonův interferometr se skládá ze zdroje vlnění, děliče svazku (Abbeho kostky), pevného a posuvného zrcadla a rozptylky. Schéma aparatury je na Obr. 1. Abbeho kostka rozdělí laserový paprsek na dva kolmé svazky, z nichž každý se odrazí od zrcadla a po opětovném dopadu je dělič sloučí v jeden svazek. Na stínítku je možné pozorovat kruhový průmět laserového svazku. Zde se interference projeví následujícím způsobem: na zobrazeném kruhu se ukáží pruhy odpovídající interferenčním maximům a minimům. Pro vlnovou délku laseru platí vztah

$$\lambda = \frac{2\Delta x}{n}, \quad (8)$$

kde Δx je vzdálenost posunutí zrcadla Z_2 a n počet pruhů prošlých přes daný bod na stínítku.



Obr. 1: Michelsonův interferometr. L je laser, A je Abbeho kostka (dělič svazku), Z_1 je pevné zrcadlo, Z_2 je posuvné zrcadlo, R je rozptylka, S stínítko, Δx je posunutí zrcadla Z_2 , svazky 1,2 jsou před dopadem na zrcadla 1', 2' po odrazu ze zrcadel 1'', 2'' po sloučení. Převzato z [1].

4 Postup měření

Využijeme aparaturu nacházející se na magnetickém stole složené z optické lavice s pevně umístěným He-Ne laserem a různými optickými přístroji. Laser emituje koherentní monochromatický světelný svazek o vlnové délce $\lambda = 633 \text{ nm}$ [1], který musíme nejprve zaostřit Keplerovým dalekohledem. To provedeme tak, že do předmětového ohniska spojky bližší k laseru umístíme obrazové ohnisko druhé spojky. Vycházíme z obrázku v [1]. Tuto sestavu využijeme pro všechna měření mimo interferometru.

Abychom dosáhly splnění podmínky (1), je nutno prodloužit dráhu laserového svazku pomocí dvou rovinných zrcadel. Změříme a zaznamenáme jejich vzájemnou vzdálenost a vzdálenost prvního zrcadla od zdroje. Nejprve na lavici připevníme kruhové otvory a pro tři nejmenší otvory odečítáme polohy minimálně tří interferenčních minim zobrazených na stínítku. Zároveň změříme průměr použitých otvorů pomocí měřicího mikroskopu, kde jeden dílek mikroskopu odpovídá 0,0025 mm.

Následně místo otvorů umístíme do stojanu štěrbiny s nastavitelnou šířkou pomocí mikrometrického šroubu. Pro 10 různých šířek štěrbiny odečítáme polohy interferenčních minim na stínítku. Nakonec upevníme místo štěrbiny

difrakční mřížku. Pro tři různé vzdálenosti mřížky od stínítka odečítáme vzdálenosti 1. a 2. maxima.

Michelsonův interferometr sestavíme podle Obr. 1. Laser položíme stabilně na stůl a nastavujeme zrcadla tak, abychom na stínítku pozorovaly pruhy odpovídající interferenčním maximům a minimům. Vybereme konkrétní bod pozorování a počítáme prošlé pruhy při posunutí druhého zrcadla mikrometrickým šroubem, kde jedem malý dílek odpovídá 200 nm.

5 Vypracování

Domácí úkol je k nahlédnutí na Obr. 2 v příloze. Data byla zaznamenávána do a zpracována v programu MS Excel. Ve výpočtech pracujeme s hodnotou vlnové délky laseru $\lambda = 633$ nm uvedené v [1]. Všechna interferenční minima a maxima měřena pomocí difrakce byla měřena pravítkem s chybou 1 mm. Naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány standardním postupem popsáním v [3].

5.1 Difrakce na kruhovém otvoru, štěrbině a mřížce

Dráha uražena paprskem byla naměřena na $L = (6,28 \pm 0,05)$ m. Průměr tří vybraných otvorů byl měřen nejprve pomocí Fraunhoferovy difrakce a následně měřícím mikroskopem. Hodnoty naměřené při Fraunhoferově difrakci jsou k nahlédnutí v Tab. 6. Pro porovnání hodnot získaných oběma metodami jsou vypočtené a naměřené hodnoty zaznamenány v Tab. 2. Vypočtené hodnoty byly získány použitím vzorce (3).

Metoda	Otvor 1	Otvor 2	Otvor 3
Fraunhoferova difrakce	$0,28 \pm 0,01$	$0,64 \pm 0,04$	$0,96 \pm 0,08$
měřící mikroskop	$0,48 \pm 0,02$	$1,04 \pm 0,04$	$1,94 \pm 0,04$

Tab. 2: Tabulka vypočtených a naměřených průměrů tří nejmenších použitých otvorů dvěma různými metodami - pomocí Fraunhoferovy difrakce a pomocí měřícího mikroskopu. K výpočtu bylo využito vztahu (3).

Šířka štěrbin byla měřena dvěma různými způsoby, konkrétně opět pomocí Fraunhoferovy difrakce a pomocí mikrometrického šroubu s chybou 0,01 mm. Naměřené a vypočtené hodnoty ze vztahu (5) jsou zaznamenány v Tab. 3.

Metoda	Fraunhoferova difrakce	mikrometrický šroub
S_1 [mm]	$0,34 \pm 0,01$	0,05
S_2 [mm]	$0,39 \pm 0,02$	0,10
S_3 [mm]	$0,40 \pm 0,02$	0,15
S_4 [mm]	$0,39 \pm 0,02$	0,20
S_5 [mm]	$0,43 \pm 0,02$	0,25
S_6 [mm]	$0,45 \pm 0,03$	0,30
S_7 [mm]	$0,52 \pm 0,03$	0,35
S_8 [mm]	$0,54 \pm 0,04$	0,40
S_9 [mm]	$0,58 \pm 0,04$	0,45
S_{10} [mm]	$0,61 \pm 0,05$	0,50

Tab. 3: Tabulka vypočtených a naměřených hodnot různých šířek štěrbin dvěma různými metodami a sice pomocí Fraunhoferovy difrakce a mikrometrického šroubu. Vypočtené hodnoty byly získány použitím vztahu (5). Chyba mikrometrického šroubu je 0,01 mm.

Mřížková konstanta byla měřena pro 3 různé vzdálenosti mřížky od stínítka a sice $L_1 = (294 \pm 1)$ mm, $L_2 = (251 \pm 1)$ mm a $L_3 = (216 \pm 3)$ mm. Hodnota uvedena na mřížce byla 600 lines/mm (vrypů/mm). Vypočtené hodnoty mřížkové konstanty jsou zaznamenány v Tab. 4, přičemž bylo využito vztahu (7). Váženým průměrem byla mřížková konstanta stanovena na $d = (593 \pm 1)$ vrypů/mm.

m [-]	L_1		L_2		L_3	
	x [mm]	d [vrypů / mm]	x [mm]	d [vrypů / mm]	x [mm]	d [vrypů / mm]
1	119	593 ± 5	120	681 ± 6	84	573 ± 7
2	329	589 ± 2	289	596 ± 2	228	574 ± 3

Tab. 4: Tabulka vypočtených hodnot mřížkové konstanty d pro 1. a 2. maximum pro tři různé vzdálenosti L mřížky od stínítka (konkrétně $L_1 = (294 \pm 1)$ mm, $L_2 = (251 \pm 1)$ mm a $L_3 = (216 \pm 3)$ mm.). Zleva m je řád maxima a x je vzdálenost maxima od středu difrakčního obrazce. Hodnoty byly vypočteny pomocí vztahu (7) Vzdálenost maxim byla měřena pravítkem s chybou 1 mm.

5.2 Michelsonův interferometr

Aparatura byla sestavena podle Obr. 1. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 5, přičemž pro výpočet vlnové délky byl použit vzorec (8). Váženým průměrem byla vlnová délka laseru stanovena na $\lambda = (6466 \pm 127)$ nm.

Δx [mm]	n [-]	λ [nm]
0,050	17	5882 ± 418
0,050	18	5556 ± 380
0,100	31	6452 ± 245
0,100	28	7143 ± 292
0,060	19	6316 ± 393
0,040	12	6667 ± 648
0,090	27	6667 ± 288

Tab. 5: Tabulka naměřených hodnot při měření vlnové délky λ laserového svazku Michelsonovým interferometrem. Zleva Δx je posunutí druhého zrcadla a n je počet paprsků, který prošel konkrétním pozorovaným bodem na stínítku při posunu druhého zrcadla o Δx . Vlnová délka byla vypočtena vzorcem (8). Chyba mikrometrického šroubu je 0,002 a chyba naměřených paprsků byla odhadnuta na ± 1 .

6 Diskuze

6.1 Difrakce na kruhovém otvoru, šterbině a mřížce

Na začátek by bylo vhodné poznamenat, že jak aparatura využita k měření difrakce, tak sestavený Michelsonův interferometr jsou velmi citlivé na nastavení příslušných součástí a jakákoli odchylka způsobena v průběhu experimentů mohla signifikantně ovlivnit výsledky měření. Mezi tyto odchylky můžeme zařadit například naklopení zrcátka vlivem uvolnění pružinky, nedokonalý průchod paprsku optickými komponentami nebo také manipulaci s nimi při jejich vyměňování na optické lavici. Další vlivy na průběh měření a přesnost jednotlivých metod si následně podrobněji rozebereme.

Zaostření paprsku Keplerovým dalekohledem byla věnována zvláštní pozornost, jelikož je zásadní pro všechna měření difrakce. Přesto nelze vyloučit, že rozbíhavost svazku mohla být dokonaleji snížena, čímž by se výsledné hodnoty mohly zpřesnit.

Pro splnění podmínky (1) bylo třeba prodloužit dráhu laserového svazku pomocí dvou rovinných zrcadel, u kterých jsme zkontrolovaly dotažení pružiny, abychom zamezily nechtěným naklápěním zrcadel. Ty jsme umístily a vyrovnanaly do adekvátních pozic a vzdálenost mezi nimi měřily pomocí provázku a pásmovým měřidlem s chybou 1 mm. Tento způsob zjištění vzdálenosti mezi zrcadly se ukázal jako značně nepraktický hned z několika důvodů. Nejen že se nám skoro jistě nepodařilo zamezit prohnutí provázku, čímž by byla naměřená vzdálenost větší než skutečná, ale i samotné změření provázku pásovým metrem bylo ovlivněno naší manipulací s ním, jelikož jednak jsme se provázek snažily napnout podobně jako ve vzduchu, a jednak maximum pásmového metru (3 m) bylo menší, než vzdálenost mezi zrcátky (naměřena na (445 ± 5) cm). Stejným způsobem jsme měřily vzdálenost jednoho zrcátka od zdroje a sice $(182,9 \pm 3)$ cm. Chybu jsme nadhodnotily právě z uvedených důvodů. Lepší způsob zjištění tohoto nezbytného údaje by mohlo být použití delšího svinovacího metru, například 5 m nebo 7,5 m podle velikosti měřicího prostoru nebo provázek svinout, změřit jeho délku a tu vynásobit počtem navinutí.

V průběhu všech měření difrakce byla interferenční minima měřena pravítkem s chybou 1 mm. Zde mohly vzniknout nepřesnosti při odečítání hodnot z pravítka kvůli špatné viditelnosti nebo nechtěným nepatrným pohybům s pravítkem během odečítání vzdáleností.

Ke zjištění průměrů kruhových otvorů bylo využito jednak Fraunhoferovy difrakce v kombinaci s výpočtem vztahem (3) a jednak měřicího mikroskopu, jehož nejmenší dílek odpovídal 0,0025 mm. Naměřené hodnoty průměrů tří nejmenších použitých kruhových otvorů jsou zaznamenány v Tab. 2. Vidíme, že si zjištěné průměry příslušných otvorů neodpovídají ani v rámci chyby, naopak se zdá, že hodnoty naměřené měřicím mikroskopem jsou přibližně dvakrát větší. Z teorie a odvozování v [1] jsou uvedené vzorce jistě pro průměr otvoru, nikoli pro poloměr, jinými slovy se tedy nemohlo stát, že bychom Fraunhoferovou difrakcí naměřily poloměr a měřicím mikroskopem průměr otvoru. Pravděpodobnější vysvětlení bude nejspíše spočívat v použití mikroskopu a odečítání jednotlivých dílků, které kvůli neideálnímu zaostření nemusely být jasné vidět a tudíž mohlo dojít k jejich přehlédnutí. Chyba jednotlivých průměrů se s vyšší hodnotou také zvyšuje, avšak při porovnání obou metod se pro menší otvor jeví jako přesnější měření interferencí a pro větší otvor měření mikroskopem.

Dále jsme změřily deset různých šířek štěrby opět dvěma různými metodami a sice pomocí Fraunhoferovy difrakce a mikrometrickým šroubem s chybou 0,01 mm. Naměřené a dopočtené hodnoty užitím vzorce (5) jsou uvedeny v Tab. 3. Podobně jako tomu bylo při průměru kruhových otvorů si výsledné hodnoty neodpovídají ani v rámci chyby. Na mikrometrickém šroubu jsme vždy šly o krok o velikosti $(0,05 \pm 0,01)$ mm, kdežto naměřené hodnoty jsou si pro prvních šest šířek v rámci chyby podobné. Tyto rozdíly mohly být způsobeny stejnými faktory diskutovanými výše. I zde pozorujeme, že o čím menší se jedná šířku, tím je měření přesnější. Proto docházíme k podobnému závěru jako u kruhových otvorů, a to že pro menší šířky štěrby se měření interferencí jeví jako přesnější a naopak pro větší šířky bude výhodnější pracovat s mikrometrickým šroubem.

Mřížkovou konstantu d jsme měřily pro tři různé vzdálenosti mřížky od stínítka svinovacím metrem s chybou 1 mm. Hodnoty těchto vzdáleností jsou uvedeny v sekci vypracování a výsledné hodnoty získané vztahem (7) jsou uvedeny v Tab. 4. Konečná hodnota mřížkové konstanty byla váženým průměrem stanovena na $d = (593 \pm 1)$ vrypů/mm. Hodnota uvedena na použité mřížce (600 vrypů/mm) se ovšem nenachází v intervalu chyby naší stanovené hodnoty, což bude s největší pravděpodobností opět následek vlivů diskutovaných výše. Výsledek by se dal zpřesnit měřením pro například 5 vzdáleností nebo pozornějším odčítáním vzdáleností interferenčním maxim na stínítku.

6.2 Michelsonův interferometr

Aparatura sestavena dle Obr. 1 byla velmi dlouho vyrovnavána, než bylo dosaženo požadovaného jevu na stínítku. Konkrétně šlo o natáčení zrcadel a nacházení vhodné polohy Abbeho kostky, po čemž byl interferometr zafixován na magnetickém stole. Tudíž nepředpokládáme, že mohlo v průběhu měření dojít k takovému posunu celého druhého zrcadla, aby byl interferenční obrazec na stínítku ovlivněn. Váženým průměrem byla vlnová délka laseru stanovena na $\lambda = (6466 \pm 127)$ nm, což je velmi zářející hodnota oproti našemu předpokladu. Vzhledem k tomu, že se blížíme spíše spektru infračerveného záření [4], se určitě nejedná o správnou hodnotu. Vlnová délka laserového svazku uvedena v [1] je $\lambda = 633$ nm. K nepřesnostem mohlo dojít při odečítání proužků ze stínítka,

jelikož se proužky mohly překrývat vlivem horšího rozlišení, avšak nepředpokládáme, že by tento faktor byl v našem problému zásadní. Hlavní příčina, kvůli které se naše hodnota nenachází v očekávaném řádu, není zřejmá. Pozoruhodné ovšem je, že v instrukcích k úloze [1] je uvedeno: „Čísla na otočném bubínku jsou μm , jeden malý dílek je roven 200 nm.“ Chyba uvedena na použitém mikrometru je ovšem 0,002 mm (tzn. 2,000 nm), tudíž pracujeme s tímto údajem.

7 Závěr

Seznámily jsme se s měřením zásadních jevů potvrzujících vlnovou povahu světla, tedy interference a difrakce. Dále jsme sestavily Michelsonův interferometr a zkoumaly vlnovou délku laserového svazku.

Změřily jsme průměr 3 nejmenších kruhových otvorů dvěma různými metodami. Fraunhoferovou difrakcí byly určeny na $D_1 = (0,28 \pm 0,01)$ mm, $D_2 = (0,64 \pm 0,04)$ mm a $D_3 = (0,96 \pm 0,08)$ mm. Využitím měřicího mikroskopu byly odpovídající průměry naměřeny na $D_1 = (0,48 \pm 0,02)$ mm, $D_2 = (1,04 \pm 0,04)$ mm a $D_3 = (1,94 \pm 0,04)$ mm. Zároveň jsme změřily deset různých šířek štěrbin opět pomocí dvou metod a sice Fraunhoferovou difrakcí a mikrometrickým šroubem. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v Tab. 3. Taktéž jsme zkoumaly mřížkovou konstantu optické mřížky a váženým průměrem ji stanovily na $d = (593 \pm 1)$ vrypů/mm.

Nakonec byla vlnová délka laserového svazku určena na $\lambda = (6466 \pm 127)$ nm.

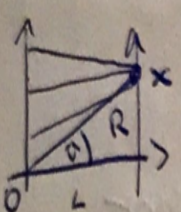
Literatura

- [1] Kolektiv KF. Interference a difrakce světla [online]. In: s. 13 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: https://moodle-vyuka.cvut.cz/pluginfile.php/543857/mod_resource/content/9/10-Interference-a-ohyb-svÄŤtla-220412.pdf
- [2] Bessel Function Zeros. Wolfram Mathworld: the web's most extensive mathematics resource [online]. 1999 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://mathworld.wolfram.com/BesselFunctionZeros.html>
- [3] CHALOUPKA, Petr. Základy fyzikálních měření: FJFI ČVUT, Praha [online]. zimní semestr 2019, 159 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://people.fjfi.cvut.cz/chalopet/ZFM/ZFM.pdf>
- [4] Electromagnetic-Spectrum. WikiSkripta [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Soubor:Electromagnetic-Spectrum.svg&lang=cs>

⑩ Interference a difrakce světla

Dů:

1. Maxima $\sin \theta_{\max} = m \frac{\lambda}{d}$ kde $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\sin \theta = \frac{x}{R} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} \approx \frac{x}{L}$$


$$x_{\max} = R \sin \theta_{\max} \approx m \frac{\lambda}{d} L$$

2. Minima $\sin \theta_{\max} = m \frac{\lambda}{d}$ kde $m = \pm 1, \pm 2, \dots$

$$\sin \theta = \frac{x}{R} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} \approx \frac{x}{L}$$

$$x_{\max} = R \sin \theta_{\max} \approx m \frac{\lambda}{d} L$$

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Fyzikální praktikum II - letní semestr

Obr. 2: Domácí příprava. Vyjádření $\sin \theta$ pomocí polohy maxima/minima od středu a uražené dráhy laserového paprsku.

9 Tabulky

	Otvor 1		Otvor 2		Otvor 3	
m [-]	x [mm]	d [mm]	x [mm]	d [mm]	x [mm]	d [mm]
1	16	$0,30 \pm 0,02$	8	$0,61 \pm 0,08$	7	$0,7 \pm 0,1$
2	33	$0,269 \pm 0,008$	14	$0,63 \pm 0,05$	9	$1,0 \pm 0,1$
3	52	$0,248 \pm 0,005$	20	$0,64 \pm 0,03$	13	$0,99 \pm 0,08$
4	60	$0,283 \pm 0,005$	27	$0,62 \pm 0,02$	16	$1,05 \pm 0,07$
5	-	-	31	$0,67 \pm 0,02$	19	$1,10 \pm 0,06$

Tab. 6: Tabulky naměřených hodnot za použití Fraunhoferovy difrakce. Zleva m je řád minima, x je vzdálenost minima od středu difrakčního obrazce, a d je průměr příslušného kruhového otvoru vypočítaný vztahem (3). Vzdálenosti minim mají všechny chybu 1 mm. Při měření otvoru 1 nebyla minima pátého řádu vidět, tudíž nebyla naměřena.