

Základní experimenty s lasery

O. Hladík¹, V. Žitka², R. Homolka³, J. Kadlčík⁴
Gymnázium Vysoké Mýto¹, Gymnázium Jeseník², Gymnázium
Botičská³, SPŠ Třebíč⁴
hlad.on@centrum.cz¹, ladiczitka@gmail.com²,
radimhomolka@seznam.cz³, kadlcik.jan@seznam.cz⁴

Abstrakt:

V naší práci jsme se seznámili s principem laseru a věnovali jsme se sestavení řady zajímavých experimentů. Vyzkoušeli jsme si např. Michelsonův interferometr nebo Galileův a Keplerův dalekohled. Pozorovali jsme difrakci světla a experimentálně zjistili divergenci laserového svazku.

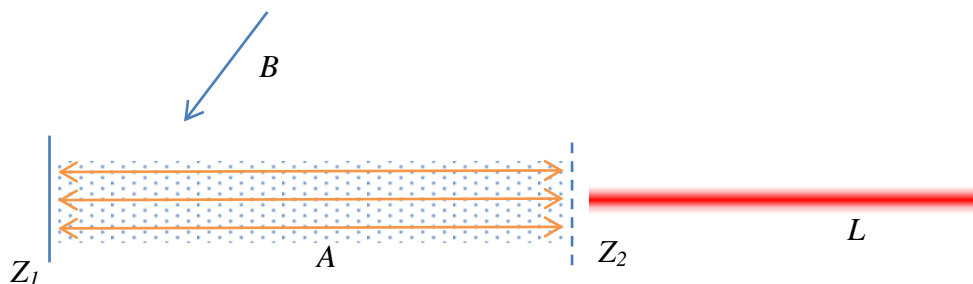
1 Úvod

V naší práci jsme se zabývali především principem laseru, jeho vlastnostmi a využitím. Po teoretické přípravě jsme se s vervou vrhli na experimenty a měření. Mimo jiné jsme realizovali Michelsonův pokus, vyzkoušeli jsme si složitost měření ohniskové vzdálenosti čoček, zkusili jsme si změřit divergenci laserového paprsku a další experimenty s lasery. Ne vždy bylo měření jednoduché, ale drobné nezdary nás neodradily od dalších experimentů.

Co je to LASER?

Zkratka LASER znamená Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. [1] Laser je přístroj, který se skládá ze tří hlavních částí: buzení laseru, rezonátor a chlazení. Princip laserové činnosti je popsán na Obr. 1.

Ke vzniku laserového záření dochází mezi dvěma zrcadly v aktivním prostředí mezi nimi. Prostředím může být velké spektrum látek, od některých plynů (CO_2 , He-Ne) až po krystaly (rubín, Nd:YAG) a polovodiče.



Obr. 1: Princip laserové činnosti

Z_1 – nepropustné zrcadlo, Z_2 – polopropustné zrcadlo, A – aktivní prostředí,
B – buzení, L – laserový svazek

Energie budícího zdroje (B) je absorbována aktivním prostředím, kde dojde k inverzi populace hladin, a při průchodu fotonů následně dojde ke stimulované emisi. Vyzařované fotony letící kolmo na zrcadla se odrazí podle zákona odrazu zpět. Některé z nich se odrazí mimo aktivní prostředí. Ty, které dopadnou kolmo na zrcadla, se odrazí a svým průletem prostředím generují další fotony. Následuje řetězová reakce, vzniká velké množství fotonů a laser začíná pracovat. Počet fotonů mezi zrcadly narůstá. Přesáhne-li energie laseru určitou mez, budou ztráty energie menší než množství energie akumulované v záření – tomuto momentu se říká práh generace, v tuto chvíli už dochází ke generaci laserového záření.

Laserové záření je monochromatické, tj. spektrum je úzké okolo dominantní vlnové délky, a je koherentní (je schopno interferovat). Mezi jeho další vlastnosti patří schopnost svítit s malou divergencí (rozbíhavostí) na velké vzdálenosti a nese velkou energii. Laser může fungovat buď v kontinuálním, kvazikontinuálním nebo v pulzním režimu. Opakovací frekvence laseru může být od nanosekund až po femtosekundy.

Laser má široké pole využití od průmyslového svařování a řezání přes chirurgické zákroky až po velice přesná měření pohybující se v řádech nanometrů.

2 Experimenty

Měření ohniskové vzdálenosti čoček

K tomuto pokusu jsme využili laseru, čoček, stínítka a metru. Laser jsme zaměřili skrz spojky na stínítka a tím jsme pak pohybovali ve směru paprsku, dokud jsme nenalezli místo, kde byl paprsek nejostřejší. Toto místo jsme určili jako ohnisko. Poté stačilo změřit jeho vzdálenost od čočky. Podobným způsobem jsme zjistili i polohu ohniska rozptylek. [2]

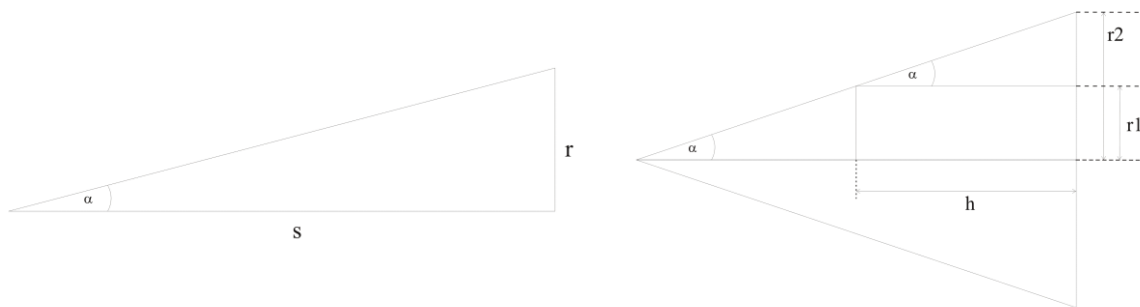
Zjistili jsme, že vzdálenosti ohniska uvedené na držácích čoček nesouhlasí s naměřenými hodnotami. Tato odchylka mohla vzniknout při určování ohniska, protože záření laseru bylo příliš intenzivní a my jsme nebyli schopni přesně rozhodnout, kde je paprsek nejostřejší.

S okalibrovanými čočkami jsme začali sestavovat optické soustavy. Sestavili jsme mimo jiné i Galileův a Keplerův dalekohled.

Měření divergence laserového svazku

Laser má oproti jiným zdrojům světla malou rozbíhavost. Každý laser může mít jiný divergenční úhel.

Zjišťovali jsme rozbíhavost He-Ne laseru s vlnovou délkou $\lambda = 543 \text{ nm}$. Vyzkoušeli jsme dvě metody měření – trojúhelníkovou a lichoběžníkovou – popsané na obrázcích 2 a 3.



Trojúhelníková metoda

α – divergenční úhel, s – vzdálenost laseru od stínítka, r – poloměr svazku na stínítku

Lichoběžníková metoda

α – divergenční úhel, h – vzdálenost dvou stínítek, r_1 – poloměr na prvním stínítku, r_2 – poloměr na druhém stínítku

Trojúhelníková metoda

$$r = 0,95 \text{ cm}$$

$$s = 2150 \text{ cm}$$

$$\tan \alpha = \frac{r}{s}$$

$$\alpha = 1' 31''$$

Lichoběžníková metoda

$$r_2 = 2,5 \text{ cm}$$

$$r_1 = 1,55 \text{ cm}$$

$$h = 2150 \text{ cm}$$

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

$$\tan \alpha = \frac{\Delta r}{h}$$

$$\alpha = 1' 31''$$

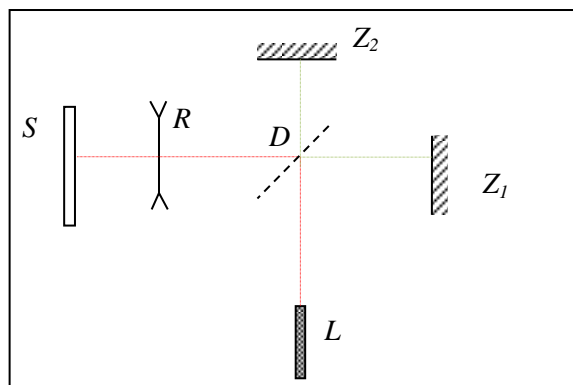
Zkusili jsme měřit na větší i menší vzdálenosti, v prvním případě byly výsledky lépe měřitelné, ovšem okraje byly méně zřetelné.

Obě měření na delší vzdálenost, jedno počítané pomocí trojúhelníkové a druhé pomocí lichoběžníkové metody, nám vyšla stejně. Čímž jsme ověřili výsledky našeho experimentu. Trojúhelníkovou metodu jsme použili i na menší vzdálenosti. Kvůli nepřesnostem v měření se nám ale výsledek odchýlil.

Michelsonův interferometr

Svazek z laseru (L) se na děliči svazku (D) rozdělí na dva svazky, které se odrazí zpět od zrcadel (Z_1 a Z_2). Vzdálenost zrcadel Z_1 a Z_2 a děliče svazku je stejná. Oba svazky se poté při průchodu děličem svazku D opět složí do jednoho svazku. Na stínítku (S) můžeme pozorovat interferenční obrazec. Aby byl lépe viditelný, svazek prochází rozptylkou (R), která zvětší výsledný obraz na stínítku.[3]

Na obraze na stínítku byly sice patrné interferenční obrazce, ovšem nemohli jsme změřit vzdálenost jednotlivých maxim kvůli otřesům v laboratoři.

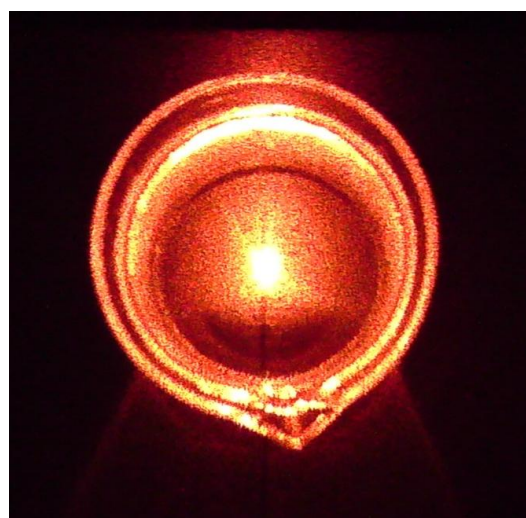


Obr. 2: Schéma Michelsonova interferometru

Lom světla

Zkoumali jsme lom světla na rozhraní voda-vzduch. Připravili jsme si laser, zaměřili paprsek na stůl a vyznačili místo dopadu paprsku. Na stůl jsme pak položili podložku se stupnicí a na ní postavili kádinku tak, aby paprsek po ohybu dopadl na stupnici (nejlépe doprostřed).

Při použití odlišných barev laserů (zelená, oranžová, červená) dopadal paprsek na různá místa. Odchyšky však byly příliš malé (kvůli malému indexu lomu vody), než abychom mohli udělat přesná měření. Ověřili jsme tak Snellův zákon lomu a zjistili, že světlo o každé vlnové délce (barvě) má jiný úhel lomu.



Obr. 3: Lom světla

Vedení světla ve vodě



Obr. 4: Vedení světla ve vodě

Zajímalo nás, zda může proud vody fungovat jako optické vlákno. Do plastové lahve jsme blízko dna provrtali otvor a zalepili izolepou. Lahev jsme naplnili vodou, laser namířili tak, aby paprsek dopadal skrz lahev na otvor, a pod otvor jsme připravili nádobu na vodu.

Po odstranění izolepy voda začala vytékat a proud vody vedl světlo až do nádoby, ve které pak voda zářila zeleným světlem (při použití laseru se zeleným paprskem).

Difrakce

Vyzkoušeli jsme si difrakci světla při průchodu difrakční mřížkou a při odrazu od CD a DVD. Viděli jsme různé difrakční obrazce. Vzdálenost jednotlivých maxim byla ovlivněna hustotou vrypů na dané mřížce.

3 Shrnutí

Cílem našeho projektu bylo seznámit se s principem laserů a vyzkoušet si práci s lasery. Provedli jsme experimenty s čočkami, lomem světla, divergencí laserových svazků, difrakcí a sestavili jsme Michelsonův interferometr. Výsledky našich experimentů jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách.

Poděkování

Na závěr bychom rádi poděkovali FJFI ČVUT za umožnění experimentů v jejích laboratořích. Dále děkujeme Ing. Šárce Vondrové za cenné rady a trpělivost při provádění experimentů a Jiřímu Slabému za pomoc při sepisování příspěvku.

Reference:

- [1] ŠTOLL, I.: *Fyzika po gymnázia, Fyzika mikrosvěta*, Prometheus 2006.
- [2] *Měření ohniskové vzdálenosti tenkých čoček* [cit. 2011-06-21]. Dostupný z WWW:<http://eso.vscht.cz/cache_data/1395/www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/uhrovah/skripta/Uloha%207b.pdf>.
- [3] *Fyzikální praktika na FJFI ČVUT* [online]. 2010 [cit. 2011-06-21]. Michelsonův interferometr. Dostupné z WWW: <<http://praktika.fjfi.cvut.cz/IntOhybSv/node8.html>>.