



Zkoumání vlnových vlastností světla pomocí laserových ukazovátek – referát o samostatné laboratorní práci

Petr Krýda¹, Petr Jaroš², žáci 2. ročníku šestiletého Gymnázia Jana Nerudy, Praha; učitel Milan Rojko

Článek je referátem o samostatné laboratorní práci patnáctiletých studentů nižšího gymnázia. Popisuje experimenty s laserovými ukazovátky, které dokládají vlnové vlastnosti světla.

1 Interference světla na dvojštěrbině

Jak prokázat, že je světlo vlnění? Že je zvuk vlněním, jsme ve výuce fyziky dokazovali jednoduchým pokusem. Postavili jsme vedle sebe dva reproduktory a pustili do nich stejný signál z tónového generátoru. Na některých místech jsme zvuk slyšeli slabší (destruktivní interference) a někde silnější (konstruktivní interference). Destruktivní interferenci můžeme považovat za potvrzení vlnové podstaty zvuku.

U světla nelze získat dva zcela shodné světelné svazky ze dvou zdrojů. K tomu nám ale posloužila dvojštěrbina. Ta nám rozdělí světlo z jednoho zdroje na dva svazky o stejných vlastnostech. Pokud podobně jako u zvuku dochází i zde ke konstruktivní a destruktivní interferenci, je to důkazem, že je světlo vlnění.

Provedení pokusu:

Pomůcky:

laserové ukazovátko

(údaj na ukazovátku $\lambda = 630\text{--}680\text{ nm}$)

dvojštěrbina

(údaj u dvojštěrbiny $d = 0,1\text{ mm}$)

stínítko

délkové měřidlo

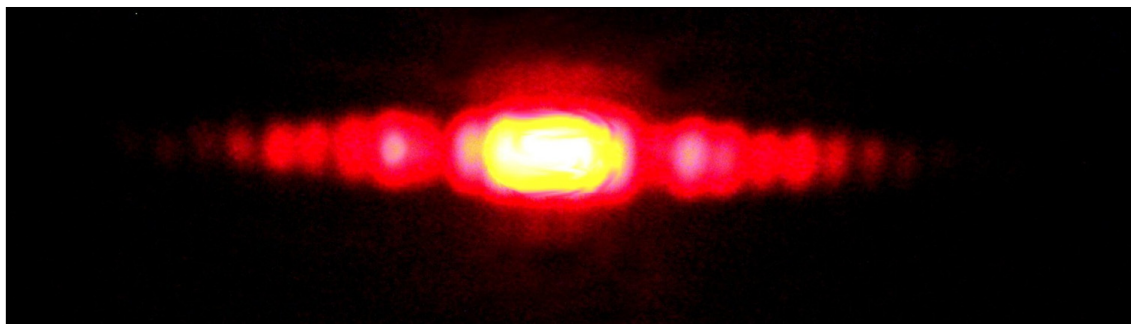
Postup:

Na stojan jsme upevnili laserové ukazovátko a před něj jsme umístili dvojštěrbinu (obr. 1). Tak jsme získali dva stejné světelné svazky.

Po osvětlení laserem jsme pozorovali na stínítku výsledek interference (obr. 2).



Obr. 1 – upevněné laserové ukazovátko



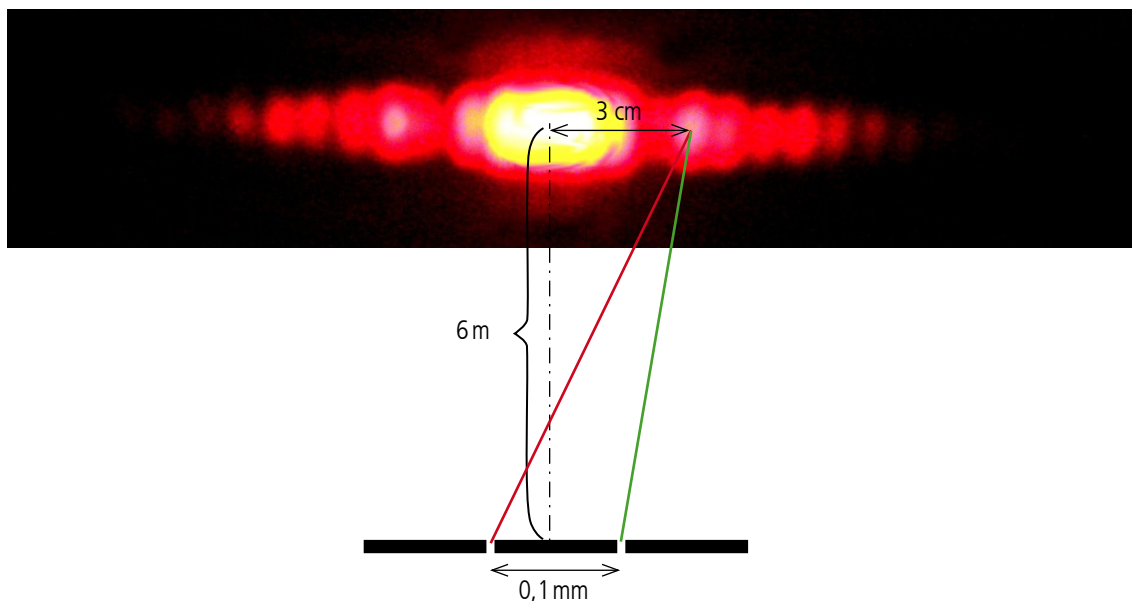
Obr. 2 – interference na stínítku

¹ mamut17@gmail.com

² petrjarosg@gmail.com

Vyhodnocení:

Z výsledku pokusu můžeme **zhruba** odhadnout vlnovou délku použitého světla. V místě, kde je maximum 1. řádu, je rozdíl vzdáleností od obou zdrojů (zde štěrbin) právě jedna vlnová délka (obr. 3) a dochází zde proto ke konstruktivní interferenci.



Obr. 3 – znázornění rozměrů

Stačí tedy odečíst od červené přepony pravoúhlého trojúhelníka zelenou přeponu pravoúhlého trojúhelníka a máme hrubý odhad vlnové délky světla laseru $\lambda = \sqrt{0,030\ 05^2 + 6^2}\text{ m} - \sqrt{0,029\ 95^2 + 6^2}\text{ m} = 5 \cdot 10^{-7}\text{ m}$. Výsledek jako odhad je přijatelný.

2 Ohyb světla na tenkých drátcích

Ohyb světla nastává, když světelný svazek překonává dostatečně malou překážku. Aby došlo k ohybu, musí mít překážka srovnatelnou velikost s vlnovou délkou světla. Svazky z původního jednoho svazku, který byl rozdělen překážkou, mají různé dráhy ke stínítku, tudíž u nich dochází k interferenci.

Provedení pokusu:

Pomůcky:

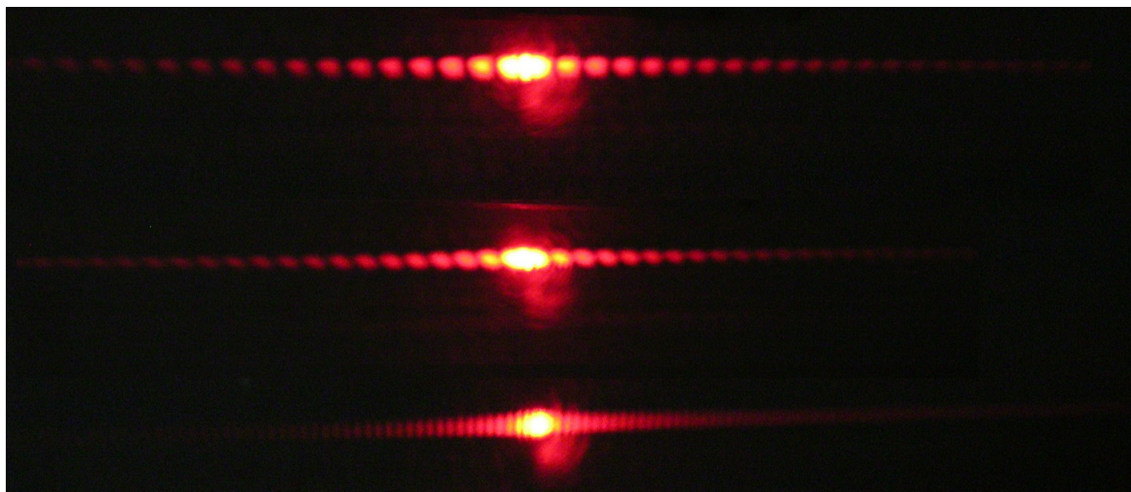
laserové ukazovátko (údaj na ukazovátku $\lambda = 630\text{--}680\text{ nm}$)
 drátky různých průměrů ($d_1 = 0,12\text{ mm}$, $d_2 = 0,15\text{ mm}$, $d_3 = 0,46\text{ mm}$)
 stínítko
 mikrometrický šroub
 délkové měřidlo

Postup:

Mikrometrickým šroubem jsme změřili průměry drátků. Na stojan jsme pak upevnili laserové ukazovátko a do cesty světelného svazku laserového ukazovátko jsme umísťovali drátky. Sestava byla stejná jako při prvním pokusu s dvojštěrbinou (obr. 1). Na stínítku jsme pozorovali, jak se mění ohybový obraz (obr. 5). Je vidět, že s růstem tloušťky drátku se vzdálenost maxim zmenšuje.



Obr. 4 – upevnění drátků



Obr. 5 – interferenční obraz s drátky různé tloušťky

3 Měření vlnové délky červeného a zeleného světla laserových ukazovátek pomocí optické mřížky

Optická mřížka je soustava velkého počtu stejně širokých, rovnoběžných štěrbin v malé vzdálenosti od sebe. Když mřížku osvětlíme svazkem světla laseru, dojde k interferenci světelných vln procházejících štěrbinami podobně jako na dvojštěrbíně. Maxima zachycená na stínítku jsou velmi ostrá a jsou od sebe vzdálena tím více, čím jsou štěrbinny mřížky blíží u sebe.

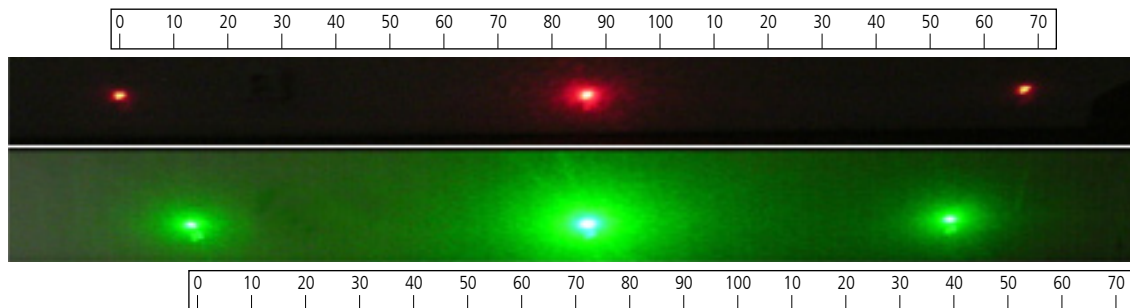
Provedení pokusu:

Pomůcky:

laserová ukazovátka (údaj na červeném $\lambda_{\text{č}} = 630\text{--}680\text{ nm}$, na zeleném $\lambda_{\text{z}} = 530\text{--}550\text{ nm}$)
 mřížka (údaj u mřížky: 500 štěrbin/mm \Rightarrow
 $\Rightarrow d = 2 \cdot 10^{-6}\text{ m}$)
 stínítko
 délkové měřidlo

Postup:

Na stojan jsme upevnili laserové ukazovátka a do cesty světelného svazku laserového ukazovátko jsme umístili optickou mřížku. Sestava byla stejná jako při prvním pokusu s dvojštěrbínou (obr. 1), ale s kratší vzdáleností mřížky od stínítka. Na stínítku jsme pozorovali ohybový obraz pro obě ukazovátka (obr. 6).



Obr. 6 – ohybový obraz zeleného a červeného ukazovátko

Vyhodnocení:

Podmínka pro směr, v němž je od původního směru odchýleno 1. maximum, je vidět z obrázku. (obr. 7). Bude to směr, ve kterém je dráhový rozdíl svazků jedna vlnová délka.

Při našem pokusu bylo stínítko od mřížky vzdáleno $l = 2,5\text{ m}$, vzdálenosti štěrbin mřížky jsou $d = 2 \cdot 10^{-6}\text{ m}$, naměřené vzdálenosti levého a pravého 1. maxima na stínítku byly pro červené světlo $2a_{\text{č}} = 1,67\text{ m}$, pro zelené světlo $2a_{\text{z}} = 1,39\text{ m}$.

Z naměřených hodnot vychází:

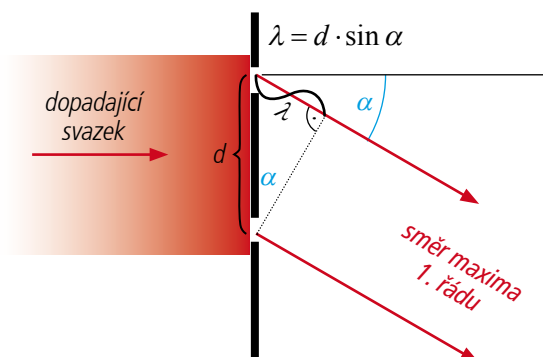
$$\operatorname{tg} \alpha_{\varepsilon} = \frac{a_{\varepsilon}}{l} = \frac{0,835}{2,5} = 0,334 \Rightarrow \alpha_{\varepsilon} = 18,47^{\circ} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha_{\varepsilon} = 0,3168, \text{ odtud } \lambda = 634 \text{ nm},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_z = \frac{a_z}{l} = \frac{0,695}{2,5} = 0,278 \Rightarrow \alpha_z = 15,54^{\circ} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha_z = 0,2678, \text{ odtud } \lambda_z = 536 \text{ nm}.$$

Výsledky vlnových délek jsou v mezích udaných výrobcem na laserech.



Obr. 7 – podmínka pro směr odchýlení 1. maxima

4 Interference světla na tenké slídové destičce

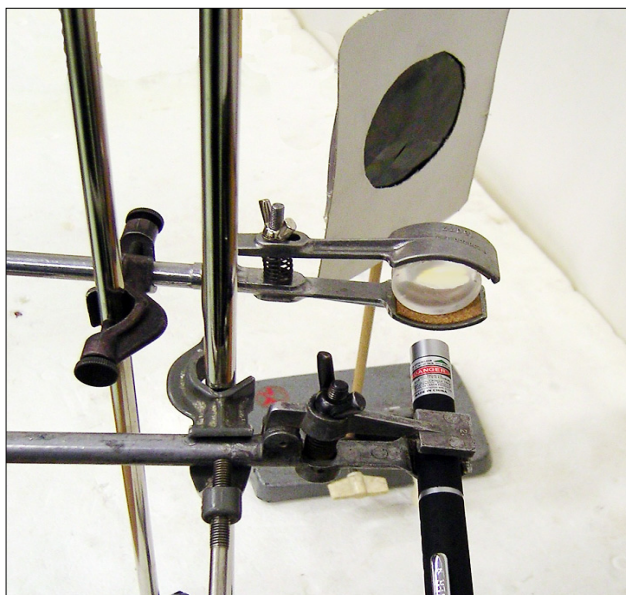
Další metodou, jak lze docílit z jednoho zdroje světla interferující svazky, je odraz. Při svém pokusu jsme použili pro odraz tenkou slídovou destičku, kterou jsme na zadní stěně začadili plamenem svíčky. Úzký světelný svazek ze zeleného laseru jsme rozšířili pomocí rozptylky a získali tak větší oblast dopadu světla na destičku. Světlo dopadající na slídovou destičku se odráží od přední strany, ale i zadní strany destičky a dochází k interferenci obou svazků.

Provedení pokusu:

Pomůcky:

zelené laserové ukazovátko (údaj na ukazovátku $\lambda_z = 530 - 550 \text{ nm}$)

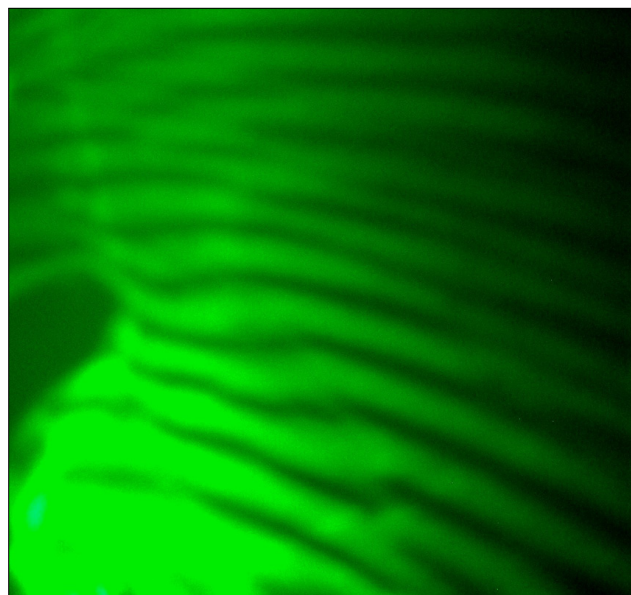
tenká slídová destička se začazenou jednou stranou
rozptylná čočka ($f = -4 \text{ cm}$); stínítko



Obr. 8 – sestavení aparatury

Postup:

Na stojan jsme upevnili laserové ukazovátko a před něj jsme umístili rozptylnou čočku a slídovou destičku (obr. 8). Odražené světlo jsme vhodným natočením destičky namířili na blízké stínítko.



Obr. 9 – interferenční proužky

Vyhodnocení: Na stínítku se objevila soustava tmavých a světlých interferenčních proužků (obr. 9).

Pokusy, které jsme provedli, vedou jednoznačně k závěru, že je světlo vlněním.

Literatura:

ROJKO, Milan a kol. učitelů GJN. *FYZIKA pro 2.ročník GJN*. publikace pro vnitřní potřebu školy.
Všechny fotografie a obrázky ve zprávě jsou originály z popsaných experimentů.