

Vlnová povaha světla

M. Robotková, J. Štorek*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1
robotkova.m@seznam.cz, *storek.jara@seznam.cz

Abstrakt

Během našeho experimentu jsme se zabývali zkoumáním vlnové povahy světla. Sestavili jsme vlastní aparaturu a pomocí difrakce světla z laserového ukazovátka na optických discích jsme změřili a následně vypočítali hustotu vrypů na CD i DVD. Dále jsme s použitím výsledků z prvního úkolu měřili neznámou vlnovou délku druhého laseru.

1 Úvod

Světlo je viditelná část elektromagnetického záření, jeho vlnová délka se pohybuje v rozmezí 390-790 nm. Díky vlnově-korpuskulárnímu dualismu se světlo chová současně jako částice i vlna. Náš experiment se zabývá především vlnovou povahou světla, takže jeho částicové vlastnosti tentokrát zanedbáváme. Jednou z vlastností vlnění je interference, jež vzniká střetáním a interakcí jednotlivých vln a dochází k zesílení nebo naopak zeslabení jejich amplitudy. Této vlastnosti jsme v experimentu využili a zkoumali pomocí ní vzdálenost vrypů na optických discích.

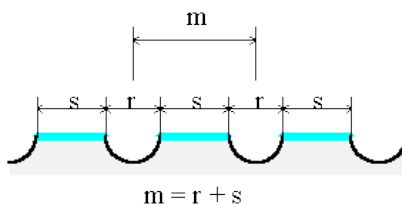
2 Teorie

2. 1 Difrakce

Difrakce neboli ohyb světla, je jev, který můžeme pozorovat při průchodu světla štěrbínou, jejíž šířka je srovnatelná s vlnovou délkou světla. Tento jev lze dobře pozorovat na stínítku, kde vznikají světlé a tmavé proužky různé šířky, tzv. difrakční obrazce. Typicky lze difrakce pozorovat na dvojštěbině, ale používají se často také difrakční mřížky různého typu.

2. 2 CD a DVD jako difrakční mřížka

CD je optický disk určený pro ukládání digitálních dat. Data jsou uložena ve stopě na jedné dlouhé spirále začínající ve středu média, která se postupně rozvíjí až k jeho okraji. Na CD jsou tedy pravidelně rozložené vrypy a proužky (Obr. 1), stejně tak na DVD. Díky tomuto rozložení lze použít optické disky jako difrakční mřížku.



Obr. 1: Difrakční mřížka [1]

2. 3 Mřížková konstanta

Mřížková konstanta je termín, který se používá pro označení vzdálenosti středů dvou sousedních otvorů mřížky (Obr. 1). Z mřížkové konstanty lze odvodit hustotu rozložení vrypů na disku. Pro výpočet této konstanty použijeme vzorec (1).

$$m \times \sin \alpha = k \times \lambda \quad (1)$$

m ... mřížková konstanta

α ... úhel, který svírá odražený paprsek s osou experimentu

k ... řád maxima

λ ... vlnová délka použitého světla

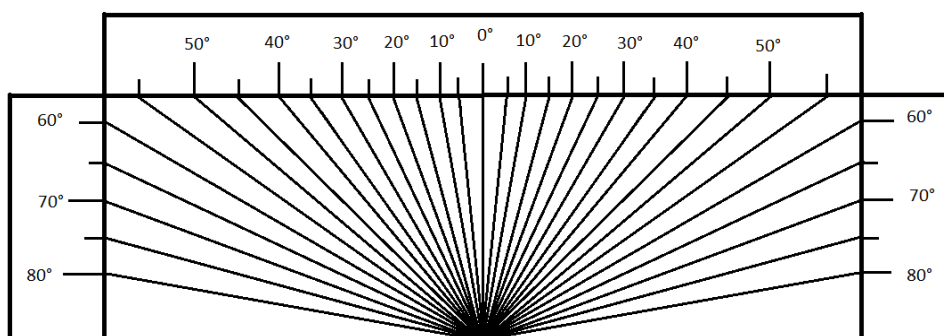
3 Praktická část

3. 1 Námi stanovený úkol

Pomocí difrakčních vlastností CD a DVD jsme zjišťovali hustotu pitů na disku a také neznámou vlnovou délku červeného laseru.

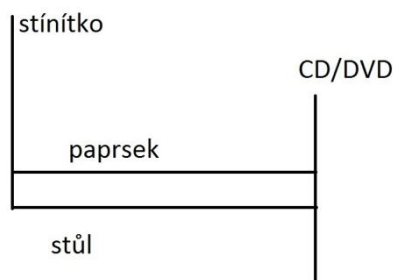
3. 2 Sestrojení aparatury

Naším cílem bylo sestavit lehkou, snadno přenosnou a hlavně finančně nenáročnou aparaturu. Rozhodli jsme se proto použít víko od staré papírové krabice. Aby aparatura správně fungovala, je nutné, aby ležela na rovném povrchu, ideálně na stole, který má vůči vodorovné rovině kolmou svislou hranu (stůl s oblými hranami je nežádoucí). Ta je potřeba pro zajištění správného úhlu, který bude svírat disk s rovinou aparatury. Rozložené víko jsme upravili tak, že jsme odstříhli jednu jeho svislou stěnu a narýsovali jsme na něj úhlovou stupnici. Úhly jsme rýsovali po pěti stupních na vnitřní stranu víka tak, abychom po opětovném složení mohli ze stěn odečítat výchylku. Pohled shora na rozložené víko je znázorněn na Obr. 2.

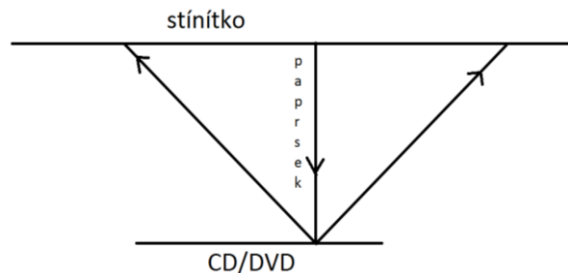


Obr. 2: Naše aparatura

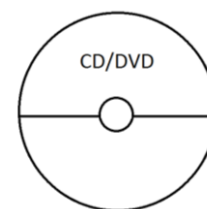
Na přímku nulového úhlu jsme pokládali laser. Do místa, kde se sbíhají všechny úhlové přímky, jsme přikládali disk tak, aby rovina disku byla kolmá k rovině stolu, tedy i k paprsku laseru. Aby se nám paprsek odrazil na stínítko, bylo nutné svítit do osy disku rovnoběžně s vodorovnou deskou stolu (Obr. 5). Bylo potřeba, aby spojnice obou odrazů paprsku na stínítku byla rovnoběžná s rovinou stolu. Ideální stav ilustrují Obr. 3 a Obr. 4.



Obr. 3: Schéma měření



Obr. 4: Ideální pozice paprsku



Obr. 5: Optický disk

3. 3 Měření

Měření jsme prováděli s pokud možno co nejlépe nastavenou aparaturou, jak je popsáno výše. Při měření jsme měli k dispozici námi sestavenou aparaturu, DVD, CD a 2 červené lasery, přičemž pouze na jednom byl uveden rozsah vlnové délky v rozmezí 635-660 nanometrů. Dohromady jsme prováděli 3 měření: svítili jsme na CD oběma lasery a na DVD pouze laserem o neznámé vlnové délce. Jelikož jsme si uvědomovali velkou nepřesnost, které jsme se dopouštěli při odečítání výsledků ze stínítka, provedli jsme každé měření desetkrát. Chybu, která vznikla nepřesným narýsováním úhlů a špatným nastavením aparatury, jsme neuvažovali.

Průběh měření je vidět na Obr. 6 a Obr. 7.



Obr. 6: Průběh měření



Obr. 7: Průběh měření

4 Výsledky

Z prvního měření jsme vypočítali mřížkovou konstantu CD, z druhého měření neznámou vlnovou délku laseru a ze třetího měření mřížkovou konstantu DVD. K výpočtu jsme použili vzorec (1). Hodnoty jsme počítali zvlášť pro maximální a minimální vlnovou délku. Jelikož vypočtená chyba měření byla vždy menší než jedno procento a nám šlo pouze o hrubý odhad, zanedbali jsme ji.

Námi naměřené hodnoty jsou zaneseny v Tab. 1.

	Naměřená hodnota	
	Prvního řádu	Druhého řádu
Laser o známé λ na CD	$26,15^\circ \pm 0,15^\circ$	_____
Laser o neznámé λ na CD	$26,6^\circ \pm 0,1^\circ$	$61,625^\circ \pm 0,085^\circ$
Laser o neznámé λ na DVD	$62,975^\circ \pm 0,120^\circ$	_____

Tab. 1: Naměřené hodnoty

Neznámou vlnovou délku červeného laseru jsme určili v rozmezí 639,5-665 nm. Zbylé výsledky jsou shrnuty v Tab. 2.

	Mřížková konstanta	Vrypů/mm	Oficiálně vrypů/mm [4]
CD	1441-497,5 nm	667,8-694	625
DVD	718-746 nm	1340-1393	1333

Tab. 2: Výsledky

Vlnová délka každého červeného laseru by se měla pohybovat v rozmezí 635-660 nm.

5 Shrnutí

Z výsledků je patrné, že navzdory zanedbání všech chyb se nám podařilo poměrně přesně určit vlnovou délku laseru a počet pitů na DVD, u CD jsme alespoň určili správný řád. Přesnost výsledků nás mírně překvapila, jelikož jsme vycházeli pouze z jedné známé vlnové délky a k dalším výpočtům jsme používali námi změřené hodnoty, které byly zatíženy chybou. Při výpočtu hustoty pitů na DVD se nám patrně šťastnou náhodou tyto chyby odečetly.

6 Poděkování

Poděkování patří ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za odborné rady a za zapůjčené pomůcky.

Reference

- [1] T. Nedvěd, *Pozorování spektra*, <http://www.ped.muni.cz/wphy/nedved/cd1.htm>
- [2] V. Piskač, *Difrakce na discích*, http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/optika/difrakce_na_discich.pdf
- [3] kol. autorů, *Difrakce*, <https://cs.wikipedia.org/wiki/Difrakce>
- [4] J. Hlavenka, *Velká kniha vypalování CD a DVD*, Computer Press, Brno (2004) 294, ISBN 80-251-0182-7