

Základní experimenty s lasery

Ondřej Pleticha, Gymnázium Česká Lípa, o.pleticha@seznam.cz

Ladislav Hustý, Gymnázium Frýdlant nad Ostravicí, lada.husty@gmail.com

Danica Žílková, Bilingválne gym. Milana Hodžu, danuska.zilkova@gmail.com

Abstrakt:

V tomto projektu jsme ověřovali vlnové vlastnosti světla na pokusech pomocí laseru. Konkrétně na následujících experimentech : Michelsonův interferometr, Difrakce na štěrbině, Difrakce na mřížce.

1 Úvod

Světlo má duální charakter a dá se na něj hledět jako na částici, ale i také jako na vlnu. V následujících pokusech jsme se snažili dokázat vlnový charakter světla. Na Michelsonově experimentu a na difracích na štěrbině a mřížce jsme ověřovali, zda platí vzorec pro výpočet úhlu mezi jednotlivými interferenčními minimy/maximy.

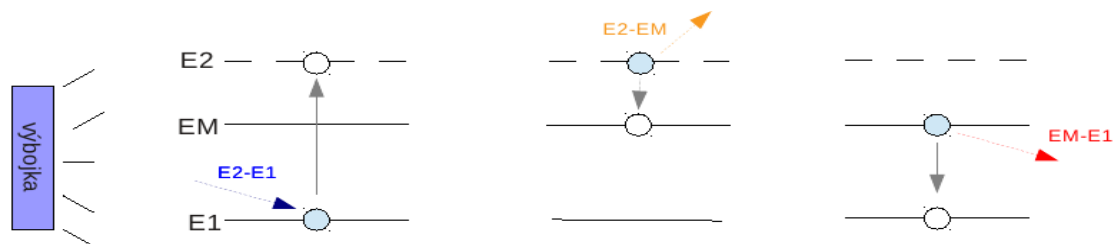
Teorie laseru: Laser je zdroj elektromagnetického záření tj. světla v širším smyslu. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého a intenzivního monochromatického svazku.

2 Difrakce a interference světla

Pomůcky :

He-Ar laser 633 nm, 2 zrcadla, 1 dělič svazku (Abbeho kostka), laboratorní zvedák, optická lavice s jezdcí, 2 spojné čočky (+50, +200), rozptylka (-50), sada kruhových otvorů, štěrbinina s nastavitelnou šířkou, držák na mřížku, opt. mřížka

Princip laseru :



- Pumpované energie: elektron je vybuzen (excitován) ze základního stavu E1 na vyšší hladinu E2
- velmi rychle deexcituje na nižší metastabilní hladinu EM
- Metastabilní hladina: přechod z EM na E1 je velice nepravděpodobný a elektron zde setrvává mnohem déle
- Inverze populace: většina atomů přejde časem do vybuzeného stavu s elektronem na hladině

EM

- Stimulovaná emise: elektron do kterého narazí foton s $E = EM - E1$ deexcituje na zákl. hladinu a vyzáří druhý foton s $E = EM - E1$ ve stejném směru, fázi, polarizaci jako první foton

Difrakce na štěrbině

Naším cílem bylo vypočítat šířku štěrbiny, dle vzorce

$$\sin \theta = m\lambda / D \quad (1)$$

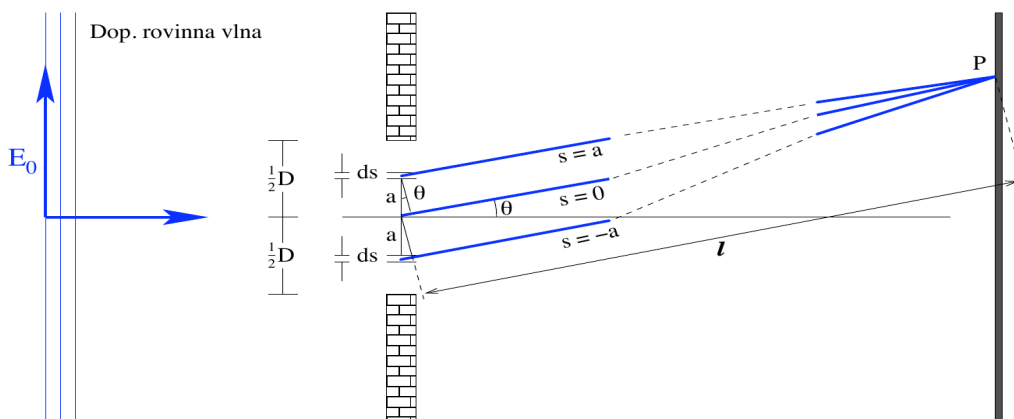
θ = úhel, pod kterým je vidět dané minimum

m = řád minima

λ = vlnová délka

D = šířka štěrbiny

Pokus jsme sestrojili dle následujícího obrázku:



Obr. 1 : difrakce světla na štěrbině

Provedli jsme 3 měření pro různé šířky štěrbin :

m	x1 [mm]	x2 [mm]
1	32,1	37,2
2	24,5	41
3	22,3	43

m	x1 [mm]	x2 [mm]
1	27,5	37,3
2	21,5	43
3	16	48,3

m	x1 [mm]	x2 [mm]
1	23	40
2	14	49

Tab. : Naměřené polohy tmavých interferenčních proužků pro první 3 řády.

Z naměřených údajů jsme podle vzorce 1 vypočetli šířku štěrbiny :

$D_1 = (0,8 \pm 0,2) \text{ mm}$. (“skutečná” hodnota 1mm)

$D_2 = (0,47 \pm 0,03) \text{ mm}$. (“skutečná” hodnota 0,5mm)

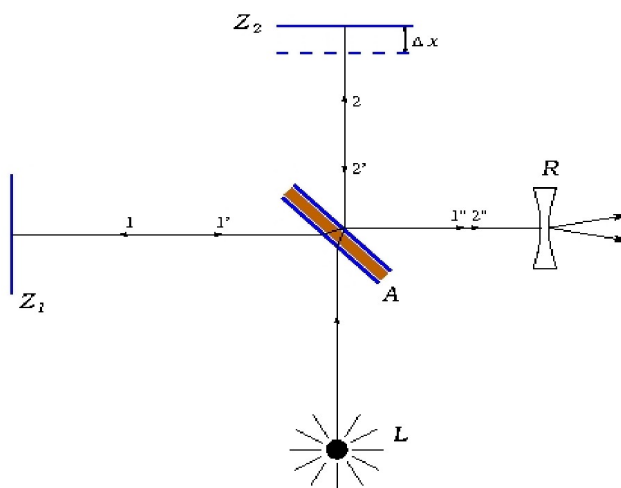
$D_3 = (0,286 \pm 0,008) \text{ mm}$. (“skutečná” hodnota 0,3 mm)

Pozn. “skutečná” hodnota je hodnota naměřená indikátorovými hodinkami

Michelsonův interferometr

Při tomto experimentu jsme vycházeli ze známého Michelsonova pokusu, při kterém jsme se snažili změřit vlnovou délku světelného paprsku.

Experiment jsme sestavili dle následujícího obrázku :



Obr. 2: Michelsonův experiment [2].

Na základě toho jsme provedli následující měření :

pruhů	dílků	poměr dílků a pruhů	λ
20	21	1,05	420
10	13	1,3	520
10	11	1,1	440
15	27	1,8	720
15	24	1,6	640
průměrná λ			548

Tab. 2: měření vlnové délky pomocí Michelsonova interferometru

dílek – posunutí dráhy paprsku o 400 nm

pruh – interferenční minimum

Vypočetli jsme vlnovou délku použitého světla $\lambda = (550 \pm 180) \text{ nm}$. Výrobce udává hodnota byla 633 nm. Skutečná hodnota tedy leží v chybovém intervalu našeho měření, který je ale velmi široký a značí, že naše měření nebylo zcela přesné.

Diskuse

Ve výše uvedených experimentech jsme v rámci chyb měření ověřili platnost vzorců, popisujících difrakci světla na štěrbině a pomocí Michaelsonova interferometru určili vlnovou délku světla námi použitého laseru.

3 Shrnutí

Na základě těchto dvou pokusů se nám podařilo dokázat vlnové vlastnosti světla, kdy v prvním experimentu jsme změřili tloušťku štěrbin s relativní a systematickou chybou. Po vypočtení jsme výsledek porovnali s vypočtenou hodnotou. Ve druhém pokusu jsme počítali vlnovou délku světla, po vypočtení jsme výsledky opět porovnali se skutečnou hodnotou a zjistili poměrně velkou chybu měření, nicméně můžeme konstatovat, že naše výsledky jsou konzistentní s teoretickými předpoklady.

Poděkování

Jan Rusňák – za předání mnoha užitečných a zajímavých znalostí

Reference:

[1] *Laser*, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>, (18.6.2013)

[2] *Interference a ohyb světla*, Fyzikální praktikum FJFI – návod k úloze