

# 1 Úkol

1. Navažte laserový svazek do vlákna a seřídte jednotlivé moduly tak, abyste dosáhli maximálního výkonu na výstupu z vlákna.
2. Změřte numerickou aperturu vlákna, zpracujte graficky.
3. Změřte dobu průchodu světla vláknem, určete rychlost světla ve vlákně.
4. Určete relativní výstupní výkon laserové diody v závislosti na napájecím proudu, zpracujte graficky.

## 2 Teorie

### 2.1 Apertura optického vlákna

Apertura optického vlákna je dle [1]

$$A = \sin\vartheta = \sqrt{n_k^2 - n_m^2}, \quad (1)$$

kde  $\vartheta$  je úhel od optické osy, při kterém velikost intenzity klesne na  $1/e^2$  a  $n$  indexy lomu pro vlákno.

### 2.2 Rychlost světla

V materiálu se světlo šíří pomaleji než ve vakuu. Proto se zavádí index lomu, který je definován

$$n = \frac{c}{v}, \quad (2)$$

kde  $c$  je rychlost světla ve vakuu a  $v$  rychlost v prostředí. Tento vztah se dá lehce upravit na výpočet rychlosti při znalosti indexu lomu na

$$v = \frac{c}{n} \quad (3)$$

## 3 Měření

### 3.1 Navázání svazku

Dle postupu uvedeném v [1] jsem nejprve seřídil aparaturu tak, abych docílil na detektoru co největší intenzity. Následně jsem přidal optické vlákno a paprsek zaostřil na jeho začátek upevněný v držáku. Výstup jsem umístil do držáku s úhlovou stupnicí, na které jsem nastavil nulu a opět celou aparaturu seřídil, aby na detektoru byla maximální intenzita.

$\varphi/^\circ$	$I/\text{RJ}$
0	112
2	103
4	81.6
6	46.2
8	10.7
10	1.13
-2	101
-4	75.0
-6	43.6
-8	5.76
-10	1.70

Tabulka 1: Závislost intenzity laseru na úhlu od optické osy.

### 3.2 Apertura vlákna

V závislosti na úhlu, pod kterým byl detektor vůči vláknu jsem měřil intenzitu světla na něj dopadající. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1. Intenzita je uvedena v relativních jednotkách. Těmto datům jsem nafitoval Gaussovu funkci, která má předpis

$$I(\varphi) = (117 \pm 4) \exp \left( \frac{(\varphi - (0.15 \pm 0.17))^2}{2 * (4.10 \pm 0.17)^2} \right) \quad (4)$$

Díky tomu jsem určil aperturu, která je výpočtem z rovnice 1 rovna

$$A = (0.145 \pm 0.007) \quad (5)$$

její teoretická hodnota je

$$A_{teo} = 0.094 \quad (6)$$

### 3.3 Rychlost světla ve vlákně

Po připojení bočníku jsem z osciloskopu odečetl časy pro vlákno a bez vlákna

$$T_1 = 0.54 \mu\text{s} \quad (7)$$

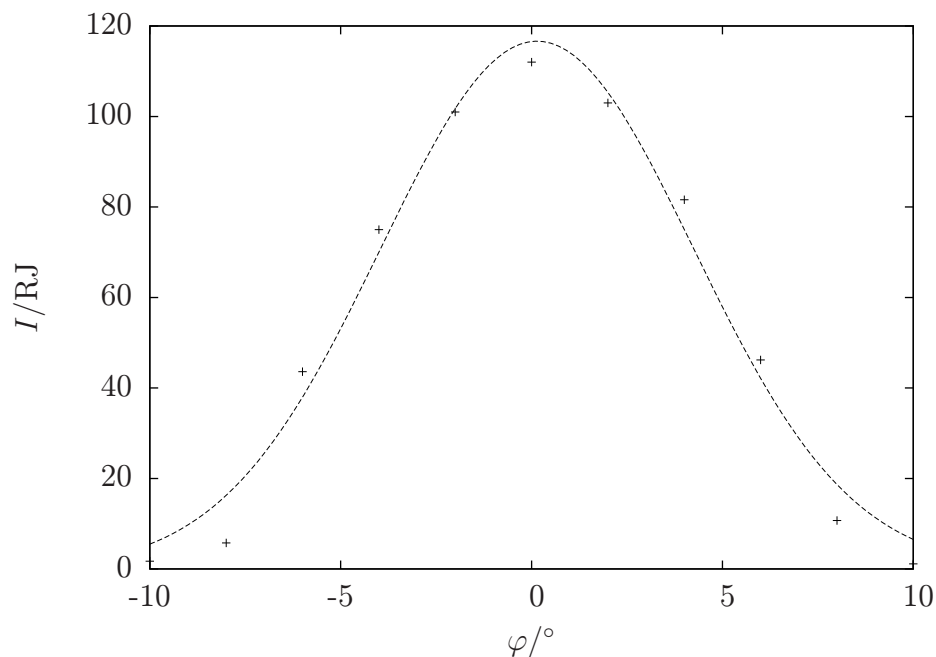
$$T_2 = 1.20 \mu\text{s} \quad (8)$$

Světlo tedy procházelo vláknem  $(0.64 \pm 0.01) \mu\text{s}$ , z čehož jsem stanovil rychlost světla ve vlákně

$$v_{mer} = (148 \pm 2) \text{m}/\mu\text{s} \quad (9)$$

Teoretická hodnota je pro srovnání

$$v_{teo} = 205.48 \text{m}/\mu\text{s} \quad (10)$$



Obrázek 1: Graf závislosti intenzity na úhlu od optické osy.

### 3.4 Výkon laseru

Bez vlákna jsem proměřil závislost intenzity laseru na napětí na laseru. Výsledky jsou v tabulce 2. Data jsou vynesena do grafu na obrázku 2. Hodnoty neodpovídají teoretické závislosti, proto muselo dojít při měření k hrubé chybě. Proto v grafu není vynesena žádná křivka. Více je uvedeno v diskuzi.

## 4 Diskuze

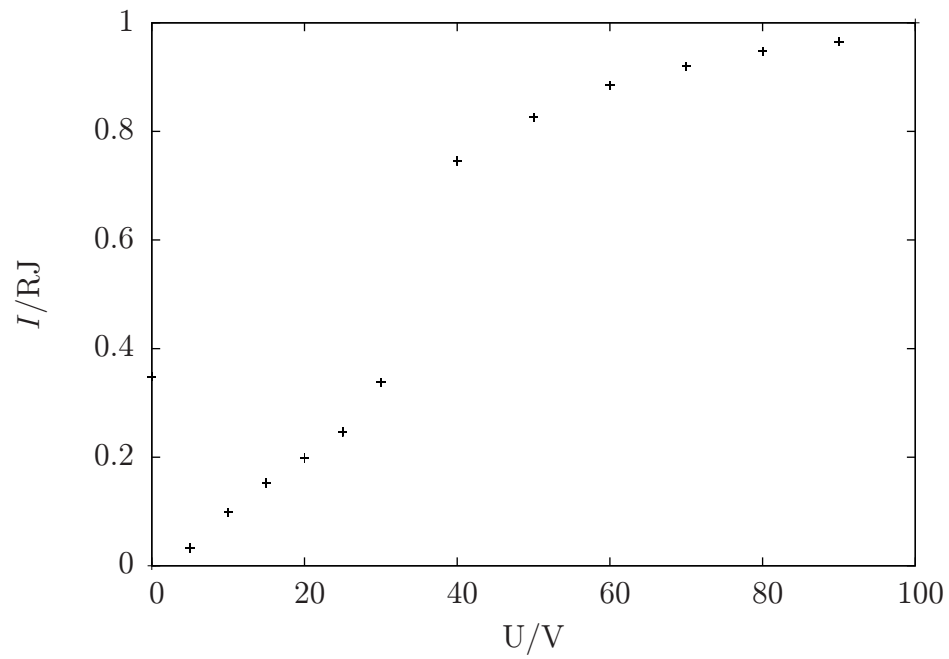
Navázání laserového paprsku na optické vlákno se mi podařilo až po novém přelomení vlákna, které bylo původně pod mikroskopem znatelně poškozené a jádro vypadalo zlomené. Na výstupu pak bylo možné detekovat dobrý signál. Měření však stejné i při použití modulovaného signálu muselo probíhat v zatemněné místnosti, protože i výkon lampy byl o řádově vyšší.

Naměřená velikost apertury je větší než teoretická. To bylo nejpravděpodobněji způsobeno lehkými odrazy laseru od součástek aparatury a především zbytky světla, které nevstoupili do vlákna. Další možnost by mohl být jiný index lomu, než byl uveden u úlohy.

Rychlost světla ve vlákne vyšla o čtvrtinu nižší než teoretická. To by poukazovalo na jiný index lomu, než byl uveden u úlohy, což by vysvětlovalo i problém uvedený výše. Výsledek také mohla ovlivnit délka clákná, které nebylo možné změřit. Počítal jsem s délkou 98 metrů. Vliv délky však rozhodně nebyl tak výrazný, aby se naměřená hodnota schodovala s teoretickou ba naopak působila proti rozdílu hodnot.

$U/V$	$I/RJ$
100	287
90	277
80	272
70	264
60	254
50	237
40	214
30	97
25	70.8
20	57.0
15	43.8
10	28.3
5	9.35
0	0

Tabulka 2: Závislost intenzity laseru na vstupním napětí.



Obrázek 2: Graf závislosti intenzity laseru na vstupním napětí

Závislost intenzity laseru na vstupním napětí vyšla zcela jinak než bylo předpokládáno. Výstup laseru jsem zřejmě špatně nastavil a zaostřil na detektor. Proto se projevila až skoková změna intenzity způsobená zúžením laserového svazku mimo detektor. Intenzita však stále má v jednotlivých oblastech lineární průběh, avšak zápalné napětí nejsem sto určit.

## 5 Závěr

Navázal jsem laserový svazek na optické vlákno.

Proměřil jsem závislost intenzity a úhlu od optické osy a stanovil hodnotu apertury

$$A = (0.145 \pm 0.007) \quad (11)$$

Změřil jsem dobu, za kterou světlo projde optickým vláknem a z toho vypočítal jeho rychlost v něm

$$T = (0.64 \pm 0.01) \mu s \quad (12)$$

$$v_{mer} = (148 \pm 2) m/\mu s \quad (13)$$

Proměřil jsem závislost intenzity laseru na vstupním napětí. Tuto závislosti nebylo možné proložit křivkou.

## Reference

- [1] **Studijní text na praktikum III**  
[http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt\\_326.htm](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_326.htm) (2. 4. 2012)
- [2] *J. English: Zpracování výsledků fyzikálních měření*  
LS 1999/2000
- [3] *prof. RNDr. Petr Malý, DrSc.: Optika*  
Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum 2008, první vydání