

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum ...



Úloha č.

Název úlohy:

Jméno: Obor: FOF FAF FMUZV

Datum měření:

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkoly

1. Sestavte aparaturu pro sledování příčného elektrooptického jevu v pevném vzorku. Laser umístěte tak, aby byl zdroj světla polarizován kolmo k vodorovné rovině. (Předem najděte směr snadného průchodu polarizátorů používaných v aparatuře).
2. Změřte závislost intenzity světla dopadající na detektor na napětí přiloženém na elektrody vzorku. Zpracujte graficky, určete půlvlnné napětí.
3. Ze směrnice závislosti fázového posunu mezi řádným a mimořádným paprskem na čtverci přiloženého napětí určete Kerrovu konstantu vzorku.

Teoretická část

Pokud PLZT vzorek vložíme do elektrostatického pole, stane se dvojlomným. Pokud na vzorek budeme působit elektrickým polem o intenzitě E a délku vzorku (vzdálenost, kterou v ní urazí světlo) označíme l , bude fázový posuv mezi oběma složkami vlny [1]

$$\Delta = 2\pi \cdot K \cdot l \cdot E^2, \quad (1)$$

kde K je Kerrova konstanta vzorku.

Elektrickou intenzitu můžeme vyjádřit pomocí přiloženého napětí U a vzdálenosti elektrod d

$$E = \frac{U}{d}. \quad (2)$$

Experiment uspořádáme podle návodu v [1]. Polarizátory zkrřížíme a vzorek umístíme tak, aby směr elektrického pole svíral s rovinou polarizace dopadajícího světla úhel 45° . Pro intenzitu světla za analyzátozem pak platí [1]

$$I = I_0 \sin^2 \frac{\Delta}{2}, \quad (3)$$

kde I_0 je intenzita v případě, že na vzorek přiložíme nulové napětí a směry průchodu světla polarizátorem a analyzátozem jsou shodné.

Dosazením za Δ dostáváme

$$I = I_0 \sin^2 \frac{\pi \cdot K \cdot l \cdot E^2}{d^2} \quad (4)$$

a po úpravě

$$\arcsin \sqrt{\frac{I}{I_0}} = K \cdot \frac{\pi l}{d^2} U^2. \quad (5)$$

Ze směrnice této závislosti určíme Kerrovu konstantu.

V případě $\Delta = \pi$, tedy rozdíl v optických drahách je roven $\lambda/2$, se vzorek chová jako půlvlnná destička a vycházející vlna je lineárně polarizovaná v rovině kolmé na původní rovinu polarizace, tedy ve směru snadného průchodu analyzátozem. V takovém případě naměříme maximum intenzity a hodnotu přiloženého napětí nazýváme půlvlnné napětí.

Výsledky měření

Použili jsme červený laser. Rozměry vzorku byly:

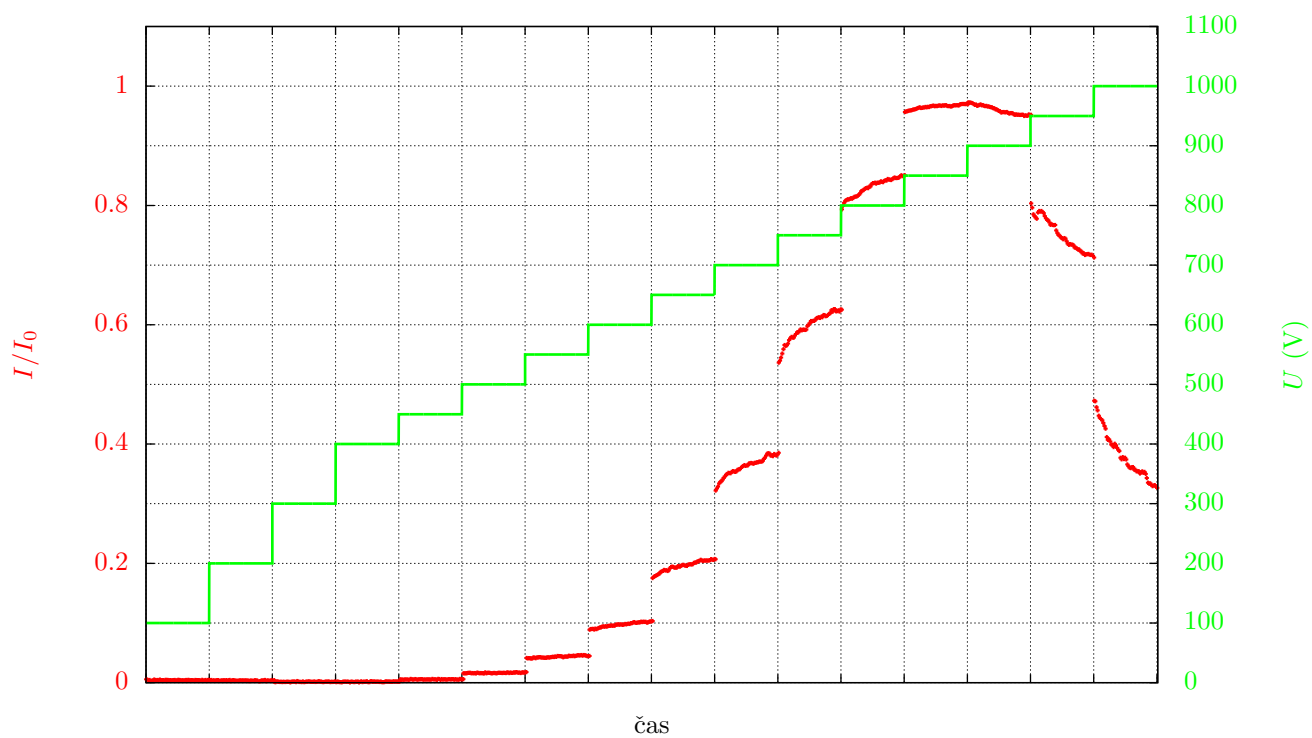
$$l = 1,5 \text{ mm} \quad d = 1,4 \text{ mm}$$

Směry snadného průchodu světla obou polarizátorů jsme určili metodou popsanou v [1].

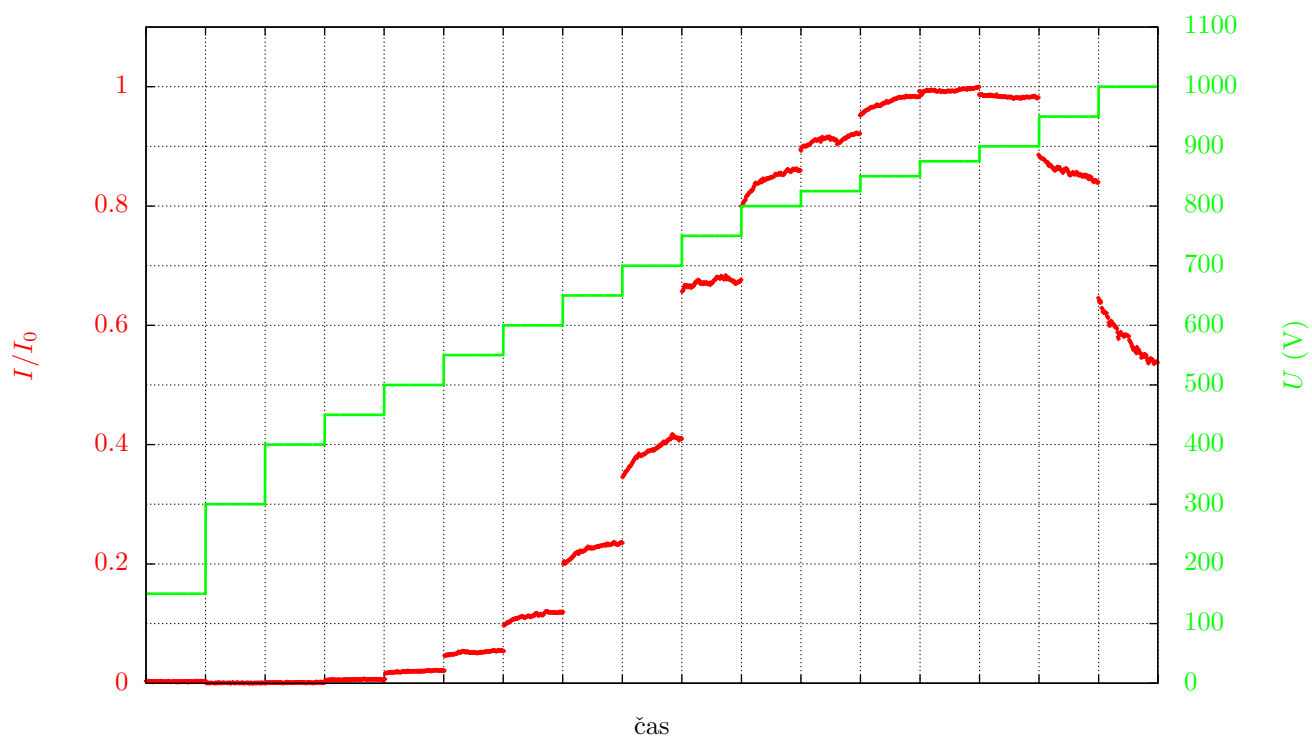
Závislost I na U jsme změřili dvakrát, poprvé s časovými intervaly mezi změnami napětí 1 min, podruhé s intervaly 2 min a jemnějším měřením okolo půlvlnného napětí.

Časový průběh intenzity v obou měřeních je zaznamenán v grafech 1 a 2. Časová osa nicméně neodpovídá skutečnému času, měření jsme vždy před nastavením napětí zastavili, a poté opět spustili. Proto se v grafech objevují nespojitosti. Oba grafy tedy slouží především ke sledování odezvy vzorku. Při studiu těchto grafů je také důležité mít na paměti, že vodorovná osa neodpovídá napětí, protože měřené hodnoty napětí nejsou ekvidistálně rozloženy.

Napětí na vzorku během měření kolísalo, maximální chybu odhadujeme na $\pm 5 \text{ V}$.



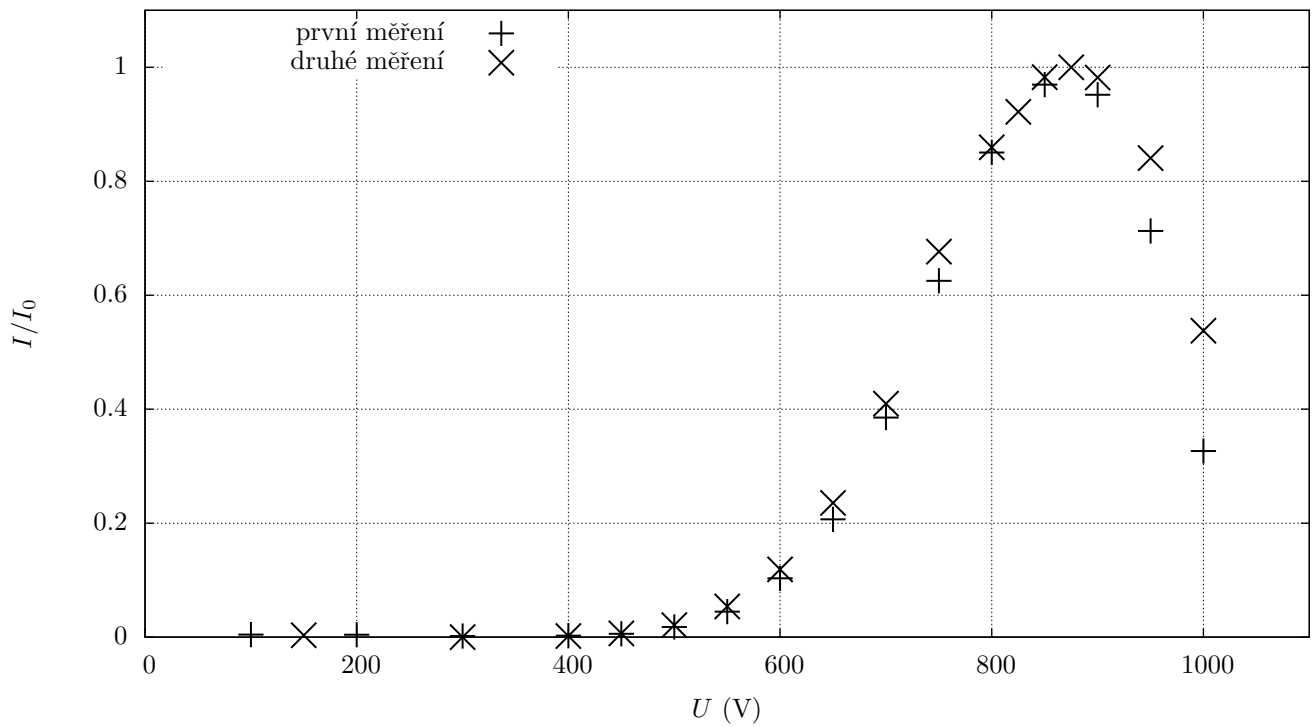
Graf 1: První měření (interval 1 min)



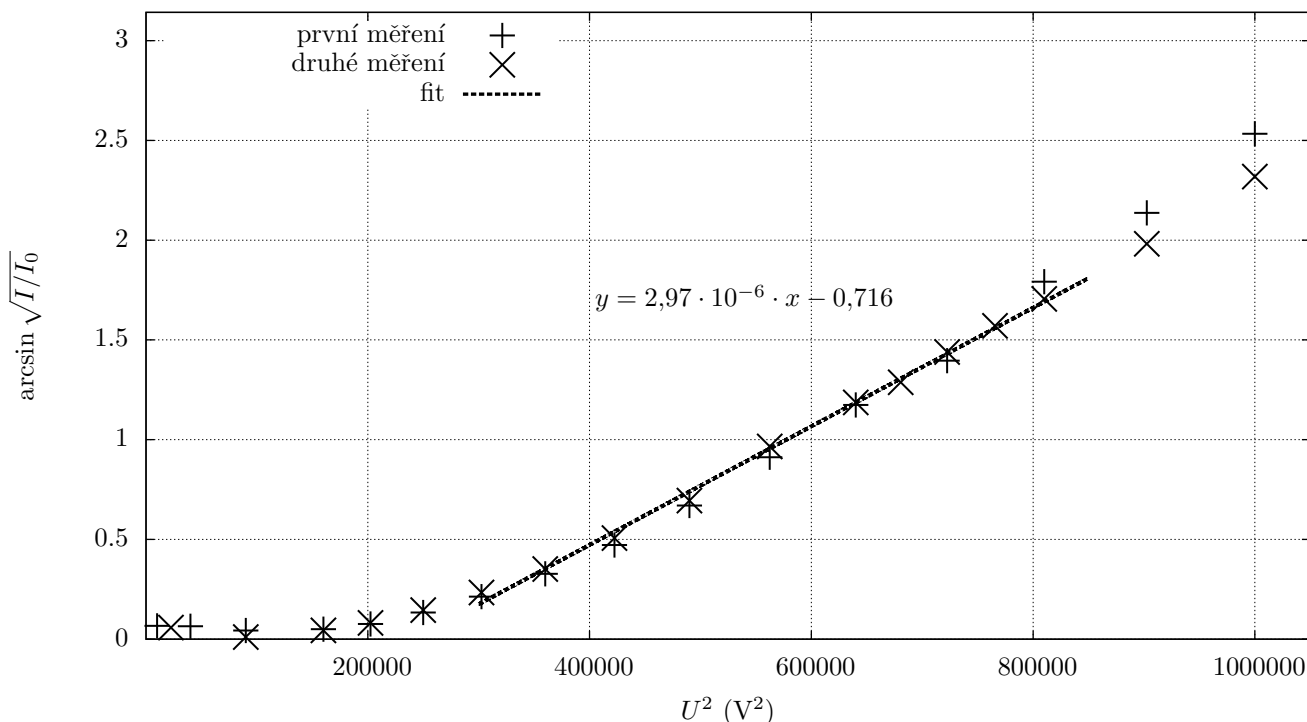
Graf 2: Druhé měření (interval 2 min)

první měření		druhé měření	
U (V)	I/I_0	U (V)	I/I_0
100	0,004	150	0,003
200	0,004	300	0,000
300	0,002	400	0,002
400	0,003	450	0,007
450	0,006	500	0,021
500	0,018	550	0,054
550	0,045	600	0,119
600	0,103	650	0,235
650	0,207	700	0,410
700	0,385	750	0,677
750	0,625	800	0,860
800	0,851	825	0,922
850	0,970	850	0,983
900	0,952	875	1,000
950	0,713	900	0,982
1000	0,327	950	0,841
		1000	0,538

Tabulka 1: Závislost intenzity na přiloženém napětí



Graf 3: Závislost intenzity na přiloženém napětí



Graf 4: K určení Kerrovy konstanty

V obou případech jsme vzali poslední změřenou hodnotu (viz diskuze) a zanesli ji do tabulky 1. Z tabulky 1 jsme určili z druhého měření půlplnné napětí

$$U_p = (875 \pm 20) \text{ V},$$

v prvním měření byl výsledek stejný, jen méně přesný.

V programu gnuplot jsme lineární regresí závislosti (5) určili konstantu úměrnosti (viz graf 4)

$$K \frac{\pi l}{d^2} = (2,97 \pm 0,06) 10^{-6} \text{ V}^{-2}$$

a dostáváme Kerrovu konstantu

$$K = (1,24 \pm 0,04) 10^{-6} \text{ m V}^{-2}.$$

Hodnota získaná z prvního měření by se zřejmě příliš nelišila (viz graf 4).

Diskuze

Z grafů 1 a 2 je vidět, že vzorek reaguje na změny elektrického pole velmi pomalu. Je možné také usuzovat, že čím silnější pole je, tím pomaleji na něj vzorek reaguje (např. při změny z 950 na 1000 V intenzita i po dvou minutách velmi rychle klesá, u nižších napětí tento jev není tak výrazný).

V prvním i druhém měření vyšla téměř totožná závislost (viz graf 3). Hodnoty se mírně liší, ale pro naše účely by stačilo měřit s intervalem 1 min.

V grafu 4 ve skutečnosti není na svislou osu vyneseno arcsin. V rozsahu, ve kterém se pohybujeme, není \sin^2 prostá funkce, proto jsme pro napětí větší než půlplnné vynesli funkci $\pi - \arcsin$.

Během celého průběhu druhého měření nevystoupala intenzita na vyšší hodnotu než 94 % I_0 . To by se v našem uspořádání nemělo stát, obzvláště podezřelé je, že na druhé měření I_0 vzrostla, ale hodnoty I měly maximum přibližně stále stejně jako v prvním měření. Usoudili jsme tedy, že naměřená I_0 je chybná a nahradili ji maximem za celé měření.

Hodnoty v tabulce 1 jsme vzali jako poslední naměřené hodnoty v grafech 1 a 2. To by mělo dobrý smysl, kdyby už byla intenzita ustálená, tedy pro napětí do 900 V tyto hodnoty považujeme za správné. Nicméně z grafů

je zřejmé, že pro vyšší napětí intenzita jistě ustálená ještě není, a proto je zatížena velkou chybou. Z tohoto důvodu jsme také tyto body vyřadili z fitu.

Přestože v rovnici (5) žádný absolutní člen nefiguruje, při lineární regresi jsme ho použili. Důvodem je, že závislost žádné přímce procházející počátkem dobře neodpovídá (pokud nechceme fitovat pouze první čtyři téměř nulové hodnoty). Vybrali jsme tedy větší část rozsahu, která se chová afinně, a tu nafitovali. Příčinou této nepříjemnosti možná mohla být např. nelinearita vzorku nebo špatně zkřížené polarizátory.

Při výpočtu Kerrovy konstanty jsme používali parametry l a d , o kterých předpokládáme, že jejich chyba je zanedbatelně malá. Pokud by tomu tak nebylo, mohly ovlivnit správnost našeho výsledku.

Závěr

Podařilo se nám změřit příčný Kerrův elektrooptický jev. Změřili jsme závislost intenzity procházejícího světla na intenzitě (viz tabulka 1 a graf 3). To nám umožnilo určit půlvlnné napětí

$$U_p = (875 \pm 20) \text{ V}$$

a Kerrovu konstantu vzorku

$$K = (1,24 \pm 0,04) 10^{-6} \text{ m V}^{-2}.$$

Seznam použité literatury

1. *Základní fyzikální praktikum* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupný z WWW: <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/start>.