

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## Praktikum 3

Úloha č. XII

Název: Studium polarizace světla

Pracoval: Mária Šoltéssová stud.sk.: F-14 dne: 13. 3. 2006

Odevzdal dne: .....

**Hodnocení:**

Připomínky:

kapitola referátu	možný počet bodů	udělený počet bodů
Teoretická část	0 - 3	
Výsledky měření	0 - 10	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 2	
Seznam použité literatury	0 - 1	
<b>Celkem</b>	max. 20	

Posuzoval:.....

dne: .....

### Pracovná úloha:

1. Overte platnosť Malusovho zákona. Smer „jednoduchého priechodu“ svetla polarizátormi stanovte pomocou svetla odrazeného pod Brewsterovým uhlom (použite napríklad zasklenú fotografiu pripravenú pri úlohe).
2. Premerajte jednu z nasledujúcich úloh:
  - a. závislosť intenzity svetla na uhle pootočenia polarizátora, ktorý je umiestnený medzi dvoma ďalšími polarizátormi
  - b. stupeň polarizácie svetla, vzniknutého lomom
  - c. kruhovo a elipticky polarizované svetlo (spracujte do polárneho grafu)
3. Pozorujte a popíšte dva z nasledujúcich efektov:
  - a. polarizáciu odrazom
  - b. indukovanú anizotropiu
  - c. farebné efekty vo fázových doštičkách
  - d. polarizáciu rozptylom

### Teretická časť:

Intenzita svetla  $I$  prejdeného dvoma polarizátormi v závislosti na uhle vzájomného pootočenia  $\psi$  je daná Malusovým zákonom

$$I = I_0 \cos^2 \psi, \quad (1)$$

kde  $I_0$  je intenzita svetla prechádzajúca pri súhlasne natočených polarizátoroch. Pre polarizátor zaradený medzi dva skrížené polarizátory dostaneme dvojnásobným aplikovaním Malusovho zákona vzťah

$$I = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\psi, \quad (2)$$

kde  $I_0$  značí intenzitu prechádzajúcu pri súhlasom natočení všetkých polarizátorov.

Uhol dopadu, pri ktorom odrazený a prejdený lúč zvierajú uhol  $90^\circ$  sa nazýva Brewsterovým uhlom. Z Fresnelových vzťahov vyplýva, že pri odraze pod Brewsterovým uhlom je odrazené svetlo polarizované v rovine kolmej na rovinu dopadu.

### Výsledky meraní:

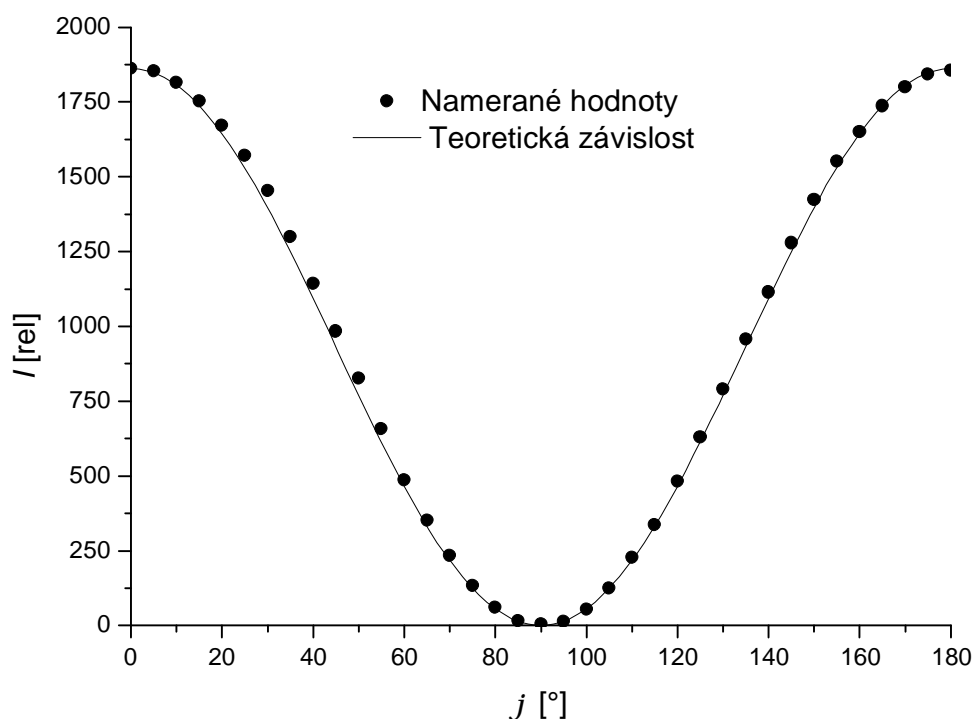
#### Malusov zákon

Zostavili sme aparáturu podľa návodu v [1], umiestnili sme za seba dva polarizátory, detektor sme nastavili do ohniska šošovky. Intenzitu svetla sme odčítali v relatívnych jednotkách zobrazených na meracom prístroji. Najprv sme nastavili polarizátory rovnobežne, teda do takej polohy, pri ktorej merací prístroj ukazoval najväčšiu intenzitu. Potom sme postupne otáčali druhý polarizátor v rozmedzí  $0^\circ$  až  $180^\circ$  a odčítali sme hodnotu intenzity. Chybu merania intenzity odhadujeme na  $\pm 2$  relatívne jednotky, vzhľadom ku kolísaniu zobrazovanej hodnoty. Chybu merania uhlu odhadujeme z delenia stupnice uhlomeru na  $0,5^\circ$ . Počiatočnú intenzitu sme odmerali pri súhlasom natočení polarizátorov ako  $I_0 = (1862 \pm 2)$  rel. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1. V grafe 1 je zobrazená závislosť intenzity prejdeného svetla v závislosti na uhle pootočenia polarizátorov preložená krivkou podľa vzťahu (1). Veľkosť zobrazených bodov zodpovedá chybe určenia  $I$  a  $\psi$ .

Tabuľka 1: Namerané hodnoty intenzity v závislosti od pootočenia polarizátorov

$\varphi$ [°]	$I$ [rel]	$\varphi$ [°]	$I$ [rel]	$\varphi$ [°]	$I$ [rel]
0	1862	65	352	125	630
5	1853	70	233	130	790
10	1815	75	133	135	958
15	1754	80	60	140	1114
20	1673	85	15	145	1279
25	1571	90	5	150	1424
30	1453	95	14	155	1552
35	1300	100	54	160	1651
40	1144	105	126	165	1737
45	984	110	227	170	1800
50	827	115	336	175	1842
55	657	120	483	180	1855
60	487				

Graf 1: Závislosť intenzity prejdeného svetla na vzájomnom pootočení polarizátorov



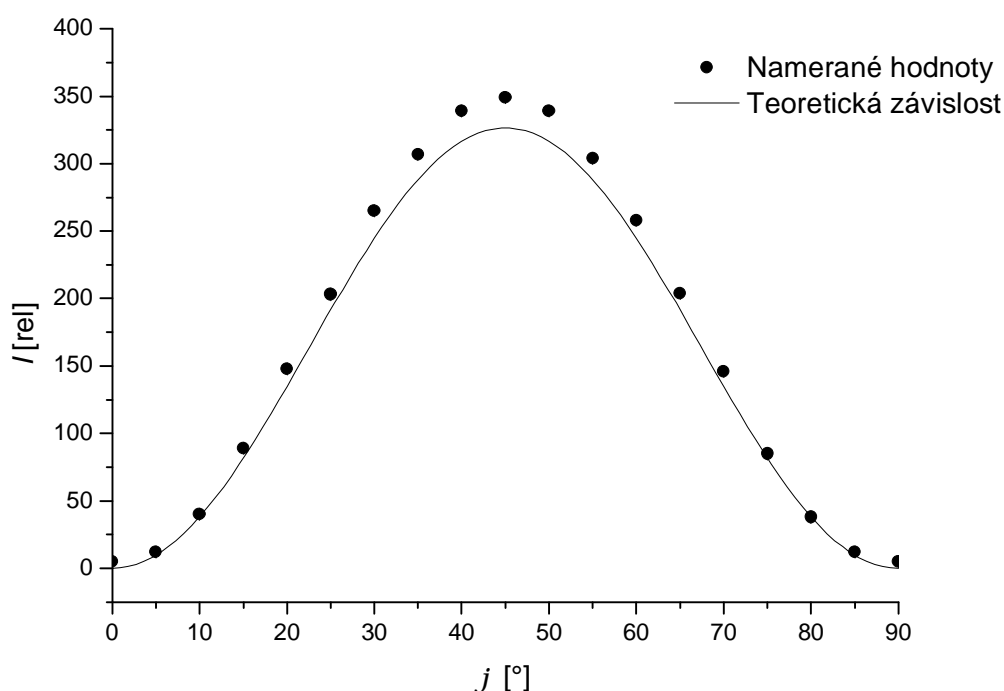
### Tri polarizátory

Najprv prvé dva polarizátory natočili tak, aby nimi prechádzala maximálna intenzita, potom sme pridali tretí polarizátor a pootočili ho tak, aby boli všetky tri polarizátory natočené súhlasne. Pri súhlasom natočení sme namerali počiatočnú hodnotu intenzity ako  $I_0 = (1306 \pm 2)$  rel. Tretí polarizátor sme natočili o  $90^\circ$  oproti prvému a merali intenzitu prejdeného svetla pre natočenie druhého polarizátora od  $0^\circ$  do  $90^\circ$ . Chybu určenia intenzity a uhlu odhadujeme rovnako ako pri dvoch polarizátoroch. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 2. V grafe 2 je zobrazená závislosť intenzity prejdeného svetla na uhlu pootočenia prostredného polarizátora preložená teoretickou závislosťou podľa vzťahu (2). Veľkosť zobrazených bodov zodpovedá odchýlke  $I$  a  $\varphi$ .

Tabuľka 1: Namerané hodnoty intenzity v závislosti od pootočenia polarizátorov pre tri polarizátory

$\varphi$ [°]	$I$ [rel]	$\varphi$ [°]	$I$ [rel]	$\varphi$ [°]	$I$ [rel]
0	5	35	307	65	204
5	12	40	339	70	146
10	40	45	349	75	85
15	89	50	339	80	38
20	148	55	304	85	12
25	203	60	258	90	5
30	265				

Graf 2: závislosť intenzity prejdeného svetla tromi polarizátormi na pootočení prostredného polarizátoru



### Indukovaná anizotropia

Na optickú lavicu sme umiestnili dva skrížené polarizátory. Medzi ne sme umiestnili plexisklovú doštičku s pripevnenou skrutkou, pomocou ktorej bolo možno doštičku mechanicky namáhať. Pôsobením tlaku na doštičku sa na okraji objavili svetlé miesta, čo svedčí o vzniknutej anizotropii v mieste deformácie – namáhané miesta pootočili rovinu polarizovaného svetla tak, že potom prešlo druhým polarizátorom.

### Farebné efekty vo fázových doštičkách

Medzi skrížené polarizátory sme umiestnili sklenú doštičku polepenú niekoľkými rôzne hrubými vrstvami lepiacej pásky. Pozorovali sme farebné plôšky na miestach, kde je konštantná hrúbka a orientácia pásky. Lepiaca páska sa správa ako anizotropný materiál a rôzne hrubé vrstvy pásky sa chovajú ako fázové doštičky v závislosti na vlnovej dĺžke. Určitým vlnovým dĺžkam s určitou polarizáciou je umožnený prechod skríženými polarizátormi. Pri postupnom otáčaní druhým polarizátorom sa

pozorované farebné efekty strácali, úplne mizli pri súhlasnej orientácii polarizátorov, pri ďalšom otáčaní sa plôšky sfarbovali doplnkovými farbami, maximálna intenzita farieb bola pri kolmej vzájomnej orientácii polarizátorov.

### **Brewsterov uhol**

Polarizátorom sme pozorovali odraz svetla pod uhlom približne  $45^\circ$  na zasklenej fotografii, odrazené svetlo bolo teda polarizované kolmo na rovinu dopadu lúča. Pri otáčaní polarizátora odraz na fotografii pri určitom uhle zmizol. Znamenalo to, že smer jednoduchého priechodu svetla polarizátorom bol kolmý na polarizáciu odrazeného svetla.

### **Diskusia:**

Hodnoty intenzity svetla aj uhlu bolo možné merať pomerne presne. Namerané hodnoty závislosti intenzity svetla prejdeného dvoma polarizátormi na uhle ich vzájomného pootočenia sa v rámci chyby zhodujú s Malusovým zákonom (1), týmto meraním sme teda overili jeho platnosť.

Pre tri polarizátory sa namerané hodnoty odchyľujú od teoretických v blízkosti maxima intenzity. To môže byť spôsobené nepresne nameranou hodnotou intenzity svetla prechádzajúceho rovnobežne nastavenými polarizátormi  $I_0$ , napríklad v dôsledku toho, že polarizátory neboli pri meraní presne rovnobežne nastavené (nameraná intenzita  $I_0$  bola potom menšia ako v skutočnosti). Tvar závislosti sa však zhoduje s teoretickým vzťahom, platnosť Malusovho zákona bola teda opäť potvrdená.

Pozorované javy (indukovaná anizotropia a farebné javy na fázových doštičkách) boli v súlade s teoretickými predpokladmi.

### **Záver:**

Overili sme Malusov zákon pre dva polarizátory, výsledky sú uvedené v grafe 1 a tabuľke 1. Podobne výsledky namerané pre tri polarizátory zväčša splňovali Malusov zákon. Pozorovali sme jav indukovanej anizotropie a farebné efekty na fázových doštičkách, pozorované javy boli v zhode s teóriou. Určili sme smer jednoduchého priechodu svetla polarizátorom pozorovaním odrazu svetla pod Brewsterovým uhlom.

### **Literatúra:**

[1] Študijný text k úlohe č. 23, <http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp>

[2] I. Pelant, J. Fiala, J. Pospíšil, J. Fährnich: Fyzikální praktikum III. optika, Praha 1993