

5.4 Studium polarizace světla

Teoretický úvod

O polarizaci světla pojednává kap. 5 části I.

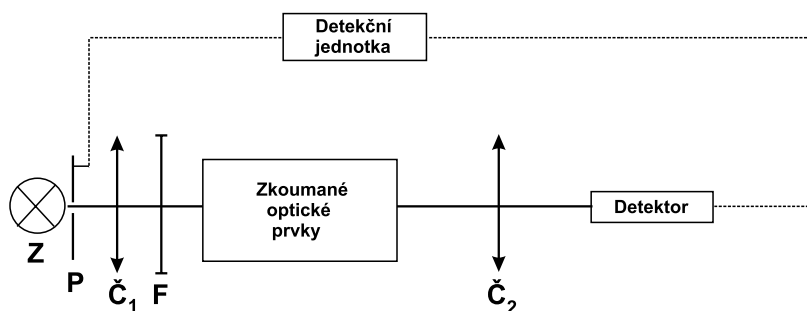
Návod k měření

Optická soustava

V průběhu práce používáme dva základní typy optické soustavy: Soustavu pro měření intenzity světla a soustavu pro pozorování polarizačních jevů okem.

1. Soustava pro měření intenzity světla (obr. 5.4-1)

Na optickou lavici postupně umístíme zdroj světla Z (halogenovou žárovku) a přerušovač P . Ve vzdálenosti $\cong 20$ cm od žárovky umístíme spojnou čočku \check{C}_1 , za ní interferenční filtr F . Pak následují zkoumané optické prvky (polarizátory, fázové destičky apod.). Za nimi umístíme spojnou čočku \check{C}_2 . Do jejího ohniska zařadíme detektor světla (např. křemíkovou diodu). Elektrický signál z fotodiody je zpracováván detekční jednotkou, která současně obsahuje zdroj pro napájení přerušovače P .



Obr. 5.4-1 Objektivní monitorování polarizačních jevů

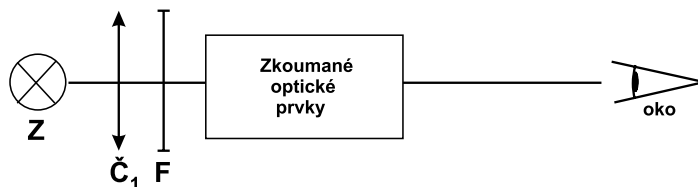
Detekce signálu

V této úloze se intenzita světla měří ve střídavém režimu. Světelný signál je mechanicky přerušován s frekvencí 510 Hz. Signál je detekován křemíkovou fotodiodou. Elektrický signál z fotodiody je v detekční jednotce zpracován úzkopásmovým frekvenčním filtrem, který je nastaven na maximální propustnost pro signál o frekvenci $f = 510$ Hz. K jemnému doladění frekvence slouží potenciometr FREKVENCE na předním panelu. Výhodou střídavého režimu je minimalizace šumu způsobená okolním osvětlením.

Důležité: k maximálnímu využití frekvenčního filtru je nutno při každém měření znovu jemně doladit maximum signálu potenciometrem FREKVENCE. Tím se vyloučí malé krátkodobé nestability signálu způsobené zahříváním jednotlivých součástí a nestability motoru přerušovače.

2. Soustava pro pozorování okem (obr. 5.4-2)

Podobá se předchozí soustavě. Vynechán je přerušovač, čočka \check{C}_2 a podle potřeby interferenční filtr (pro pozorování v bílém světle). Detektorem je zde oko pozorovatele. Na zdroj světla doporučujeme nasadit matnici pro získání homogeního zorného pole.

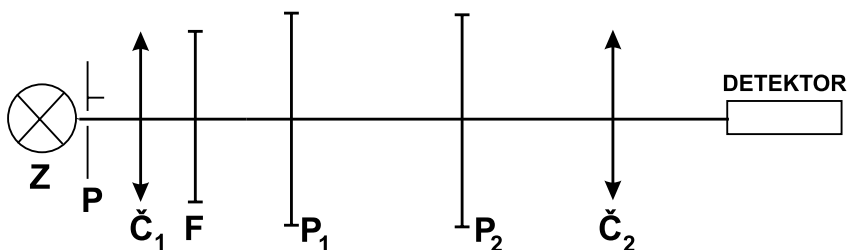


Obr. 5.4-2 Vizualní pozorování polarizačních jevů

Malusův zákon

K měření Malusova zákona sestavte optickou soustavu pro měření s detektorem dle obr. 5.4-3. Nejprve umístěte na optickou lavici zdroj Z , přerušovač P (ten propojte kabelem s detekční jednotkou - na zadním panelu konektor „chopper“-) a spojnou čočku \check{C}_1 . Posouváním čočky hledejte takovou polohu, aby zdroj Z byl v jejím předmětovém ohnisku. Pak bude svazek po průchodu čočkou rovnoběžný. Dalšími prvky budou postupně filtr F , polarizátory P_1 , P_2 (nechte si mezi nimi místo pro vkládání dalších elementů) a čočka \check{C}_2 . Do obrazového ohniska \check{C}_2 umístíte detektor. Dbejte, aby všechny optické elementy na optické lavici byly vloženy kolmo ke světelnému svazku. Detektor propojte kabelem s detekční jednotkou (na zadním panelu konektor „IN“). Zapněte detekční jednotku. Oba polarizátory nastavte „rovnoběžně“, tedy tak, aby signál byl maximální. To nemusí nastat při stejných hodnotách na úhloměrech, upevněných na obrubách polarizátorů. Vhodné však je nastavit nulu na úhloměru, kterým budete otáčet při vlastním měření. Doladíte potenciometrem „FREKVENCE“ maximum signálu.

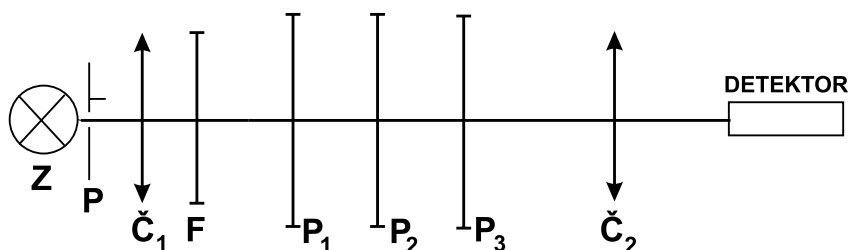
Při vlastním měření otáčejte druhým polarizátorem P_2 v rozmezí úhlu ψ od 0° do 180° s krokem 5° . Zapisujte hodnotu intenzity signálu $I(\psi)$. Výsledky zpracujte do tabulky i grafu, obojí doplňte teoretickými hodnotami. Diskutujte shodu (nebo rozdíly) experimentálního a teoretického průběhu $I(\psi)$.



Obr. 5.4-3 K měření Malusova zákona

Tři polarizátory

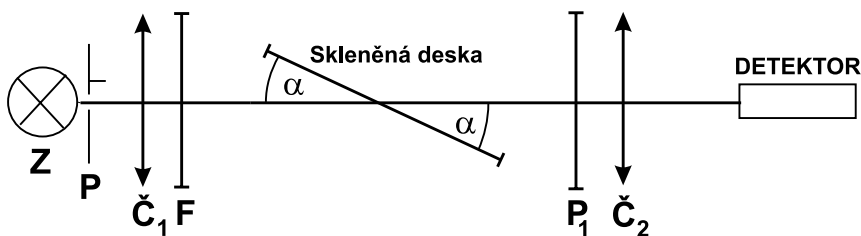
K soustavě z předchozí úlohy přidejte další polarizátor P_3 k polarizátorům P_1 , P_2 (obr. 5.4–4). Nejprve nastavte všechny polarizátory rovnoběžně (maximum signálu) a změřte velikost signálu. Poté otočte třetí polarizátor P_3 o 90° vůči prvnímu. Prostředním polarizátorem P_2 pak otáčejte v rozmezí úhlů 0° až 90° s krokem 5° a zapisujte velikost signálu. Výsledky zpracujte do tabulky a grafu, doplňte také teoretické hodnoty. Diskutujte shodu či neshodu teoretického a experimentálního průběhu.



Obr. 5.4–4 Soustava s třemi polarizátory

Polarizace lomem

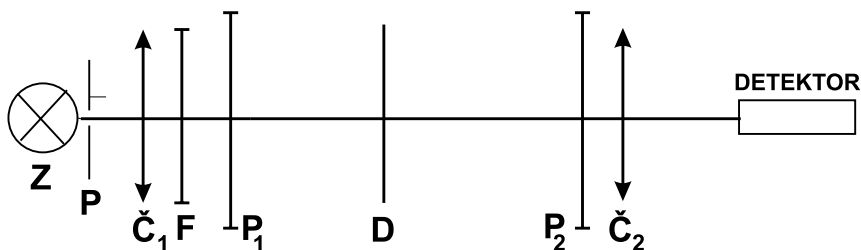
Sestavte soustavu dle obr.5.4–5 (značení elementů stejné jako na předchozích obrázcích). Otáčejte polarizátorem a změřte maximální a minimální intenzitu signálu. Tím získáte velikost složky elektrického pole rovnoběžné s rovinou dopadu a kolmé k rovině dopadu. Měření opakujte postupně pro dvě a tři skleněné destičky a pro několik různých úhlů α . Výsledky jednotlivých měření (stupeň polarizace) kvalitativně porovnejte.



Obr. 5.4–5 Polarizace lomem

Čtvrtvlnná destička-měření

Sestavte soustavu dle obr. 5.4–6. Čtvrtvlnná destička D je mezi polarizátory P_1 a P_2 . Polarizátor P_1 dejte do polohy 45° , čtvrtvlnnou destičku D nastavte na 0° . Druhým polarizátorem otáčejte v rozmezí $0^\circ - 180^\circ$ s krokem 5° a sledujte velikost intenzity světla. Výsledky zpracujte graficky. Totéž měření proveďte pro jinou polohu D . Vyneste do polárního grafu.



Obr. 5.4–6 Čtvrtvlnná destička

Čtvrtvlnná destička-pozorování

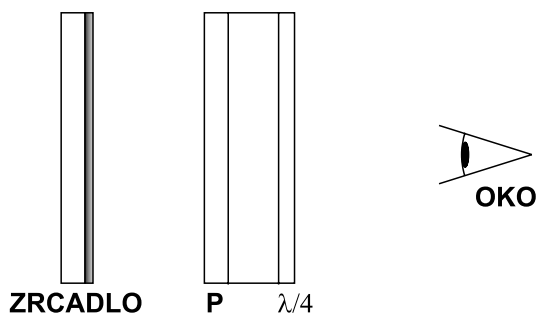
Posaďte se poblíž elektrické lampy tak, aby Váš obličej byl osvětlen a abyste viděli svoje oko v zrcadle (viz obr. 5.4–7). Uchopte do jedné ruky přípravek, v němž je z jedné strany upevněn polarizátor P a z druhé strany čtvrtvlnná destička $\lambda/4$ (pro $\lambda = 589 \text{ nm}$). Pozorujte přes přípravek odraz svého oka v zrcadle tak, aby světlo procházelo přípravkem dvakrát (k zrcadlu a zpět). Přípravek nejprve přiložte polarizátorem k oku, úhel čtvrtvlnné destičky měňte v rozmezí $0^\circ - 45^\circ$. Totéž proveďte s přípravkem otočeným čtvrtvlnnou destičkou k oku. Pozorování popište a vysvětlete.

Půlvlnná destička

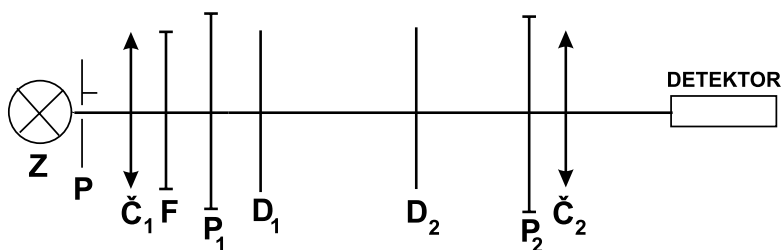
Uspořádání dle obr. 5.4–8. Dvě čtvrtvlnné destičky D_1 a D_2 otočte do polohy 0° (jejich kombinace pak představuje půlvlnnou destičku). Proměřte intenzitu světla při otáčení polarizátorem P_2 v rozmezí $0^\circ - 180^\circ$ po 5° . Po dohodě s vyučujícím měřte pro dvě různé orientace P_1 vzhledem k natočení půlvlnné destičky.

Polarizace odrazem na skleněné destičce

V uspořádání dle obr. 5.4–9 proveďte několik jednoduchých pozorování pouhým okem. Sledujte paprsek odražený od skleněné destičky. Pozorujte změny intenzity

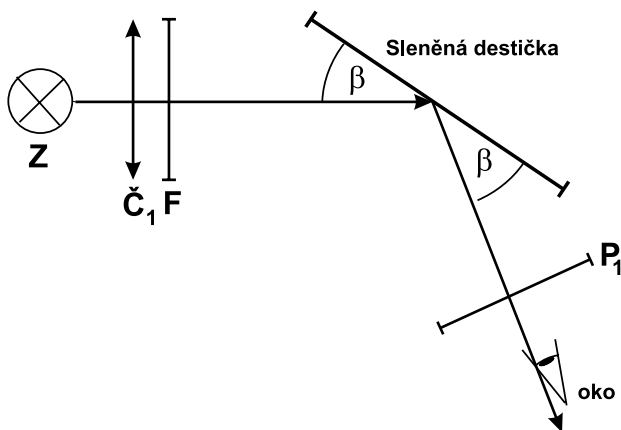


Obr. 5.4–7 Vizualní pozorování čtvrtvlnné destičky



Obr. 5.4–8 Půl vlnná destička

odraženého světla při otáčení polarizátorem. Tyto změny budou největší pro úhel β blízký Brewsterovu úhlu. Měření proveďte pro několik různých úhlů β .



Obr. 5.4–9 Polarizace odrazem

Indukovaná anizotropie

Sledování umělé anizotropie se provádí okem bez použití detekčního zařízení. Mezi dva zkřížené polarizátory vložte plexisklový přípravek a ten mechanicky namáhejte (tyčinku ohýbejte a kolíček tiskněte). Pozorujte a popište obrazce (tmavší a světlejší

části) plexiskla. Plexisklovým přípravkem otáčejte kolem optické osy.

Barevné efekty ve fázových destičkách

Mezi dva zkřížené polarizátory vložte skleněnou destičku s izolepou a pozorujte okem barevné změny při otáčení jedním z polarizačních filtrů.

Polarizace rozptylem

Sestavte optickou soustavu pro sledování okem. Za čočku umístěte vaničku s vodou, do které přilejete 0,5 ml nízkotučného mléka. Nasvětlete ji tak, aby bylo viditelné rozhraní mezi procházejícím svazkem světla a zbytkem kapaliny. Pozorujte z boku vaničku polarizátorem, kterým budete otáčet. Sledujte změny v intenzitě pozorovaného světla.

V případě, že je jasný slunečný den, vezměte polarizátor a sledujte oblohu (kolmo na směr slunečních paprsků).