

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM			Jméno a příjmení Tomáš Vavrínek			ID 240893	
FEKT VUT BRNO	Ústav Fyziky		Ročník 1	Předmět FY2	Prog./Obor MET	Stud. skup. Kroužek	Lab. skup.
Měřeno dne 1.4.2022		Odevzdáno dne		Spolupracoval			
Příprava		Opravy		Učitel		Hodnocení	
Název úlohy Polarizované světlo							Číslo úlohy 42

1 Úkol

1. Ověřte platnost Malusova zákona.
2. Změřte Brewsterův úhel a naleznete relativní index lomu dvou prostředí.

2 Teoretický úvod

Elektromagnetické vlnění se skládá z elektrické \vec{E} a magnetické \vec{B} složky. Obě složky jsou vždy navzájem kolmé a zároveň kolmé k vektoru šíření, kolem kterého se mohou během šíření otáčet. Pokud toto otáčení není náhodné, nazývá se tento jev polarizace.

Díky provázání obou složek popsány Maxwellovými rovnicemi se pro popis elektromagnetické vlny dá použít jen jedna ze složek. Polarizace se proto popisuje pomocí elektrické složky.

Popíšme šířící se elektromagnetickou vlnu jako dvě na sebe kolmé sinusové složky šířící se po ose X , přičemž jejich součet bude vyjadřovat vektor elektrické složky \vec{E} . Můžeme rozdělit polarizaci na příčnou a eliptickou, jejímž speciálním případem je polarizace kruhová. Příčně polarizovanou vlnu můžeme popsat pomocí dvou na sebe kolmých sinusoid, z nichž má jedna nulovou amplitudu. Vektor elektrické složky tak kmitá v ploše.

Pomocí polarizátoru můžeme z nepolarizovaného světla vyrobit světlo polarizované, u kterého pak pomocí dalšího polarizátoru lze určit směr polarizace.

Polarizace průchodem - Malusův zákon

Z lineárně polarizovaného světla dopadající na lineární polarizátor projde jen složka rovnoběžná s polarizační rovinou polarizátoru. Platí

$$I_p = I_0 \cos^2 \alpha \quad (1)$$

Kde I_p je intenzita průchozího světla, I_0 je intenzita dopadajícího světla a α je úhel, který svírá polarizační rovinou polarizátoru s rovinou, ve které kmitá vektor elektrické intenzity \vec{E} .

Polarizace odrazem - Brewsterův úhel

Při odrazu elektrické vlny od průhledného, homogeního a izotropního prostředí dochází k částečné polarizaci. Pokud paprsek dopadá pod tzv. Brewsterovým úhlem φ_B , odrazí se pouze část světla polarizovaného v rovině kolmé na rovinu, v níž leží trajektorie dopadajícího a odraženého paprsku. Brewsterovým úhlem φ_B se také nazývá polarizační úhel. Jde o úhel mezi odraženým paprskem a normálou rozhraní v momentě, kdy je mezi odraženým a prošlým paprskem 90° . Platí tedy

$$\varphi_B = \arctan \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Kde n_1 je index lomu prostředí, z něhož paprsek dopadá na prostředí s indexem lomu n_2 .

3 Měření

Malusův zákon

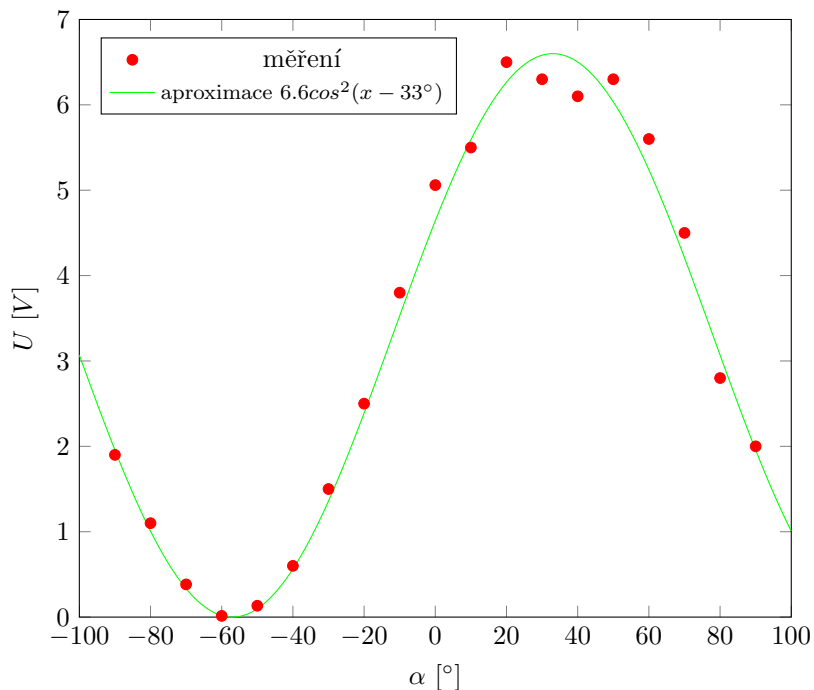
Protože jako zdroj světla používáme laser s kruhovou polarizací, použijeme polarizátor, který nám vytvoříme lineárně polarizované světlo. Dalším polarizátorem budeme otáčet, a tak měnit množství světla, které projde do detektoru.

Malusův zákon

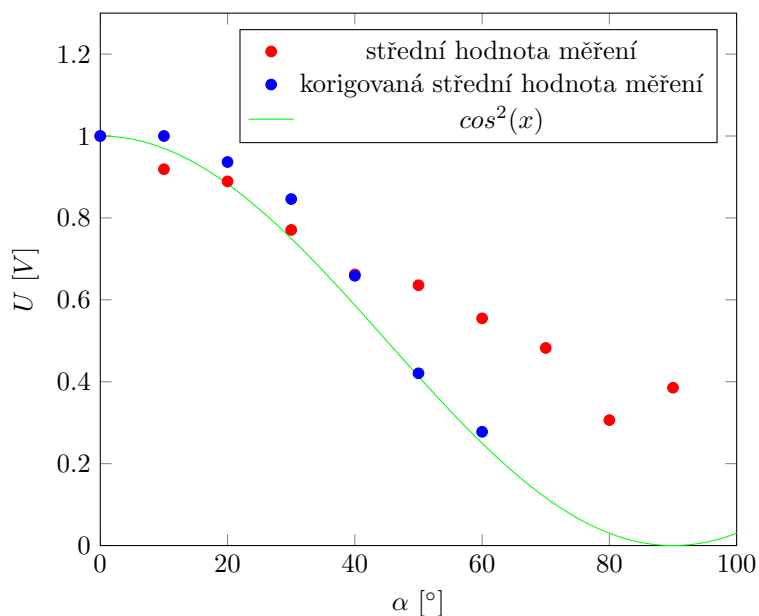
α	δ_1	U_1
$\alpha_0 = 0^\circ$	$\delta_0 = 110^\circ$	$U_{max} = 5.06 \text{ [V]}$
10°	100	3.8
20°	90	2.5
30°	80	1.5
40°	70	0.6
50°	60	0.133
60°	50	0.014
70°	40	0.383
80°	30	1.1
90°	20	1.9

α	δ_2	U_2
$\alpha_0 = 0^\circ$	$\delta_0 = 110^\circ$	$U_{max} = 5.06 \text{ [V]}$
10°	120	5.5
20°	130	6.5
30°	140	6.3
40°	150	6.1
50°	160	6.3
60°	170	5.6
70°	180	4.5
80°	190	2.8
90°	200	2.0

Graf neupravených měřených hodnot



Graf střední hodnota měření



Během našeho určování U_{max} se pravděpodobně změnila světelnost v místnosti, což vedlo ke změně měřeného napětí. Z toho důvodu jsme U_{max} určili chybně (výsledek je v grafu znázorněn červeně). Z grafu surového měření je vidět, že měření kopíruje cosinusoidu, ale posunutou o 33° .

Považujeme proto bod $[6.3 \text{ V}; 30^\circ]$ za nové maximum a berme v úvahu jen šest měření v jeho okolí (výsledek je grafu znázorněn modře).

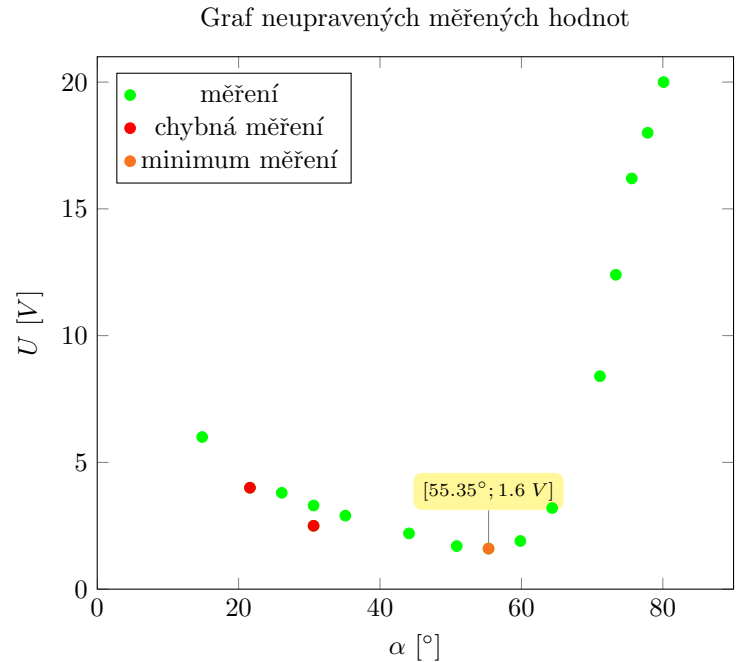
Brewsterův úhel

Polarizátorem zajistíme světlo polarizované v rovině dopadu na rotující PMMA (PolyMethylMethAkrylát). Protože PMMA rotuje uvnitř válcového stínítka, vytvoří odraženým světlem na jeho stěnách stopu. Zároveň je lineárně polarizované v rovině dopadu, a tak se při dopadu pod Brewsterovým úhlem φ_B neodrazí \Rightarrow , stopa na stínítku bude na dvou místech přerušena. Přerušování stopy nastane právě při hodnotě Brewsterova úhlu φ_B , čehož využijeme pro jeho měření.

β_{det}	$\varphi = \beta_{det}$	U	β_{det}	$\varphi = \beta_{det}$	U
[°]	[°]	[mV]	[°]	[°]	[mV]
160.2	80.1	20.0	101.7	50.85	1.7
155.7	77.85	18.0	88.2	44.1	2.2
151.2	75.6	16.2	61.2	30.6	2.5
146.7	73.35	12.4	70.2	35.1	2.9
142.2	71.1	8.4	61.2	30.6	3.3
128.7	64.35	3.2	52.2	26.1	3.8
119.7	59.85	1.9	43.2	21.6	4
110.7	55.35	1.6	29.7	14.85	6

Z měření plyne, že Brewsterův úhel φ_B je blízko 55.35° , předpokládáme tedy $\varphi_B = 55.35^\circ$. Pomocí Brewsterova úhlu φ_B určíme relativní index lomu ze vztahu ?? jako

$$\frac{n_2}{n_1} = \tan \varphi_B = \tan 55.35^\circ = 1.45 [-]$$



Protože paprsek dopadal na PMMA ze vzduchu, můžeme říct $n_1 = 1 [-]$, a tím pádem index lomu PMMA $n_2 = 1.45 [-]$

4 Závěr

Kvůli chybě při určování maxima U_{max} při přípravě měření Malusova zákona mi graf znázorňující střední napětí při daném uhlu α nevyšel a cosinusoidě se podobal jen klesavou tendencí. Stanovil jsem proto nové maximum U_{max} , což výsledky k cosinusoidě zásadně přiblížilo.

Brewsterův úhel jsem z měření stanovil na 55.35° a z něj určil index lomu PMMA jako $n_2 = 1.45$, což znamená odchylku 0.03 od hodnoty $n_2 = 1.48$, která je uvedena v zadání měření.