

# POLARIZACE A INTERFERENCE

Petr Augustin, petraugustin@email.cz<sup>1</sup>, Vojtěch Bauer,  
bauer.vojtech@seznam.cz<sup>1</sup> and Bruno Uldrich,  
uldrich.bruno@seznam.cz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gymnázium Jírovцова 8, České Budějovice

<sup>2</sup>SCHŠ – Základní škola a Gymnázium

19. června 2018

**Abstrakt:** V naší práci se budeme zabývat problematikou polarizace a interference světla. Naše závěry jsme podložili experimenty na polaroidech. Dokazovali jsme pravdivost Malusova zákona a zjišťovali jsme velikost Brewsterova úhlu. Na závěr uvádíme ukázkou interferenčního obrazce vzniklého pomocí laseru.

## 1 Úvod

Pro fotoaparáty, v polarometrii, fotoelasticiometrii, nebo třeba jen pro obrazovky LCD využíváme přírodního jevu, který objevil v roce 1811 Jean-Baptiste Biot s názvem polarizace. Co to vlastně polarizace je? Jakými způsoby vzniká? Kde se s ním v přírodě můžeme setkat? Další úkaz, který budeme v této práci zkoumat, se nazývá interference světla. Podíváme se, jakým způsobem vytvářet interferenční obrazce a povíme si dále něco k zákonům, které zde platí.

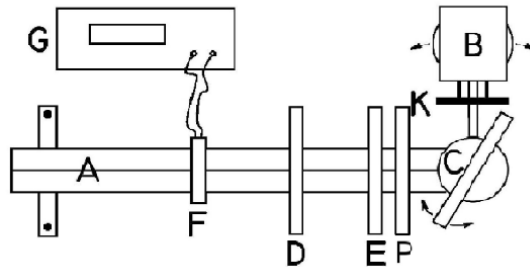
## 2 Polarizace

Jednou z mnoha vlastností světla, která jej definuje, je intenzita elektrického pole  $\vec{E}$ . Právě rovina šíření této veličiny nám prozrazuje, zda-li světlo, které zkoumáme, je či není polarizované. Pokud tento vektor kmitá v jedné rovině, jedná se o světlo polarizované. Pokud tuto podmínku nesplňuje a kmitá všemi směry, jde o světlo nepolarizované. Máme několik možností, jak polarizace světla dosáhnout: odrazem, dvojlomem nebo absorpcí. My jsme zkoumali první a třetí možnost. První pro demonstraci účinku Brewsterova úhlu a třetí pro dokázání Malusova zákona.

### 2.1 Brewsterův úhel

Jedná se o úhel, pod kterým se odráží světelný paprsek od skleněné desky maximálně polarizovaný. Toho jsme dosáhli při našem prvním pokusu. Plán aparatury zobrazuje i s popisky částí obrázek 1.

A	Optická lavice	F	Fotočlánek
B	Světelný zdroj	G	Multimetr
C	Otočné černé zrcadlo	K	Matnice
D	Polarizační filtr	P	Clona
E	Čtvrtvlnná deska		



Obrázek 1: Aparatura pro měření Brewsterova úhlu. Zdroj: [2]

Ze světelného zdroje B vychází nepolarizované světlo na černé zrcadlo C. Světlo se odráží do polarizačních filtrů a prochází skrz čtvrtvlnnou desku. Dále je propuštěno či zachyceno polarizačním filtrem D (analyzátozem) v závislosti na natočení vůči polarizátoru C. Pomocí fotočlátku F za analyzátozem jsme měřili intenzitu elektrického pole  $\vec{E}$  pro úhly  $\alpha$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  pro natočení C vůči D. Aparatura je vyobrazena na obrázku . Brewsterův úhel jsme odhadli na přibližně  $50^\circ$  pro natočení stolku vůči kolmici k optické lavici. Při této hodnotě je analyzátozem propuštěno při natočení vůči polarizátoru o  $0^\circ$  nejvíce světla a při natočení o  $90^\circ$  nejméně (mj. jsme dokázali, že je světlo vůbec polarizované). Brewsterův úhel lze určit ze závislosti:

$$\frac{n_2}{n_1} = \tan \theta, \quad (1)$$

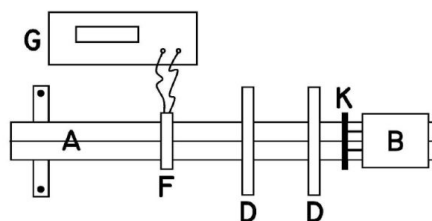
kde  $n_1$ , resp.  $n_2$  jsou indexy lomu příslušných prostředí.

## 2.2 Ověření Malusova zákona

Malusův zákon nám říká: pokud prochází polarizátorem P světlo a dopadá na analyzátor A, poté jím plně prochází, pokud mezi natočením P a A je úhel  $0^\circ$  a neprochází, pokud je natočení  $90^\circ$ . (Bereme v potaz pouze částečně či úplně polarizované světlo.) Pro neúplně polarizované světlo nebude průchod tak ostře ohraničen. Také bereme v potaz úhly pouze od  $0^\circ$  do  $90^\circ$ , protože dalším natáčením do  $180^\circ$  bychom dostali obrácený proces. Závislost výchozí intenzity na původní intenzitě lze určit z následující rovnosti:

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

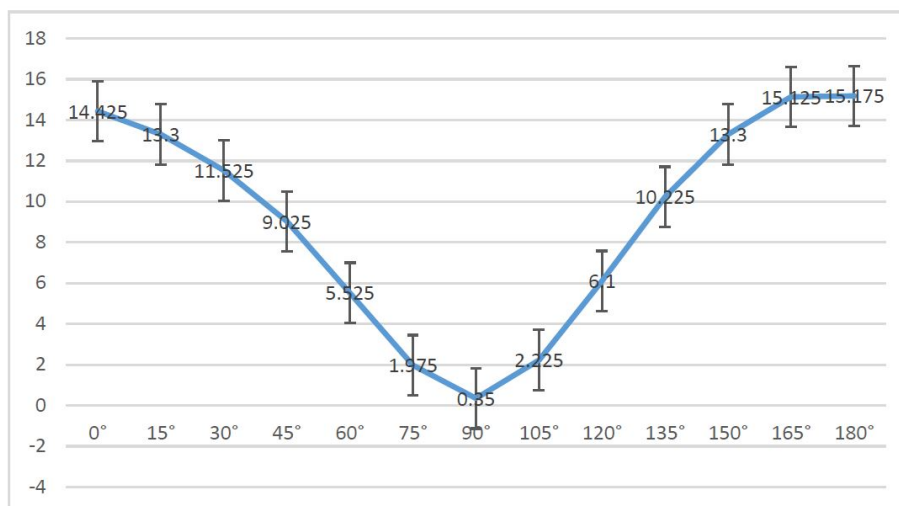
kde  $I$  je intenzita paprsku prošlého polarizátorem,  $I_0$  je intenzita vstupního paprsku,  $\varphi$  je úhel natočení polarizátoru vůči analyzátoru. Sestavení aparatury je znázorněno na obrázku 2. Průběh experimentu je podobný předchozímu, jen polarizátorem se stává polarizační filtr místo černého zrcadla.



Obrázek 2: Aparatura pro měření Malusova zákona, popis je stejný jako u obrázku 1. Zdroj: [2]

úhel	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°
1)	14.4	13.3	11.5	9	5.5	2	0.3	2.2	6.2
2)	14.6	13.5	11.3	8.9	5.5	1.9	0.4	2.2	6.1
3)	14.4	13.4	11.6	9.1	5.5	2	0.4	2.2	6.1
4)	14.3	13	11.7	9.1	5.6	2	0.3	2.3	6
Průměr	14.425	13.3	11.525	9.025	5.525	1.975	0.35	2.225	6.1
Odchylka	0.125831	0.216025	0.170783	0.095743	0.05	0.05	0.057735	0.05	0.08165

Obrázek 3: Tabulka s výsledky měření světelné intenzity v závislosti na natočení polarizátoru vůči analyzátoru



Obrázek 4: Graf závislosti světelné intenzity na natočení polarizátoru vůči analyzátoru

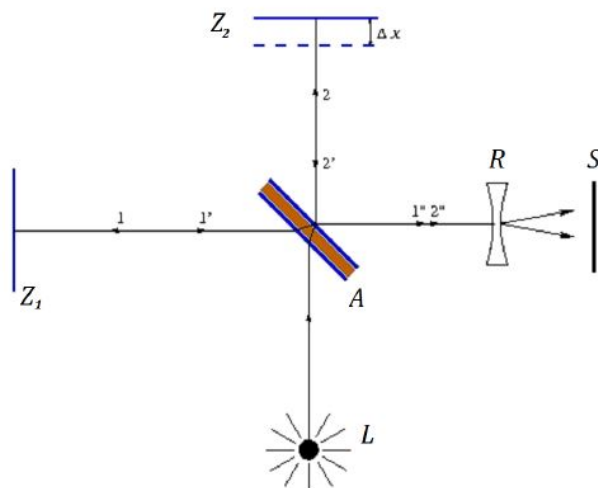
### 3 Interference

Interference, neboli skládání vlnění, je jev, který nastává, když se dvě či více světelných (koherentních) vlnění střetne v jednom bodě. Poté se budou skládat jejich okamžité hodnoty elektrické a magnetické složky a vznikne jedno nové vlnění. Vlnění je koherentní, má-li stejné frekvence, jejichž vzájemný fázový rozdíl v uvažovaném bodě prostoru se s časem nemění.

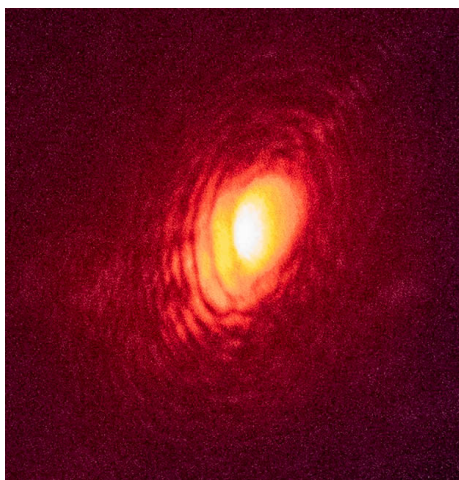
#### 3.1 Michelsonův experiment

Michelson byl slavný experimentální fyzik, který navrhl interferometr, jenž se po něm nazývá Michelsonův. Dobře slouží k ilustraci interference světla. Návrh sestavení aparatury je na obrázku 5.

Funguje na principu vyzařování laserového svazku na Abbeho kostku, kde se rozdělí na dva paprsky. Tyto dva svazky putují na odrazná zrcadla, vracejí se na kostku, kde se zase spojí v jeden paprsek. Ten putuje na stínítko, kde se vytvoří interferenční obrazec, viz obrázek 6. Osvětlené části jsou projevem interferenčního maxima a stín zase minima. Z tohoto experimentu vyšel Michelson-Morleyovo experiment (1887), který vyvrátil hypotézu o existenci éteru.



Obrázek 5: Aparatura Michelsonův experiment: L laser, A Abbeho kostka, Z zrcadla, R rozptylka, S stínítko. Zdroj: [3]



Obrázek 6: Interferenční obrazec, který jsme získali z Michelsonova experimentu

## 4 Závěr

V naší práci jsme potvrdili Malusův zákon, ověřili jsme existenci Brewsterova úhlu a shlédli krásné interferenční obrazce. Naučili jsme se základní příkazy v programu  $\text{\LaTeX}$ . Vyzkoušeli jsme si práci s laboratorním zařízením, statistické zpracovávání dat a jejich následnou interpretaci.

## 5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali naší garantce Bc. Elisabeth Andriantsarazo a organizátorům Týdne vědy na Jadérce.

## Reference

- [1] E. Svoboda a kol., Přehled středoškolské fyziky (2016)
- [2] Kolektiv katedry fyziky, FJFI ČVUT, Fyzikální praktikum II, Polarizace světla [https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/423/mod\\_resource/content/8/10\\_interference\\_170218.pdf](https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/423/mod_resource/content/8/10_interference_170218.pdf), dostupné ke dni 19.6.2018
- [3] Kolektiv katedry fyziky, FJFI ČVUT, Fyzikální praktikum II, Interference a difrakce světla [https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/422/mod\\_resource/content/7/Polariace\\_170223.pdf](https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/422/mod_resource/content/7/Polariace_170223.pdf), dostupné ke dni 19.6.2018