

# FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

## Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Lukáš Lejdar

Naměřeno: 8. října 2024

Obor: F

Skupina: Út 16:00

Testováno:

Úloha č. 1:

**Odraz a lom světla, Fresnelovy vztahy,  
Snellův zákon**

$T = 21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

$p = 101,35\text{ kPa}$

$\varphi = 47,7\text{ }^{\circ}$

## 1. Úvod

V úloze budu měřit odrazivost  $s$  a  $p$  polarizovaného světla na dielektriku v závislosti na úhlu dopadu. Odtud určím Brewsterův úhel a několika metodami dopočítám index lomu. V druhé části budu měřit index lomu planparalelní desky z posuvu paprsku.

## 2. Postup měření

### 2.1. Měření odrazivosti dielektrika

Měření bude probíhat podle uspořádání na obrázku 1. Lineárně polarizovaný laser dopadá na vzorek, odkud se odráží na detektor, který měří buzené napětí  $U_R$  úměrné jeho intenzitě  $I_R$ . Intenzitu před odrazem  $I_0 \propto U_0$  zjistím na začátku, kdy vzorek odejmu a detektor umístím do polohy A.

Pro polarizace  $p$  a  $s$  změřím závislost napětí na úhlu dopadu a získané hodnoty přepočítám na odrazivost podle  $R = \frac{I_R}{I_0} = \frac{U_R}{U_0}$ . Pro odrazivost  $R_p$  bych měl najít tzv. Brewsterův úhel  $\varphi_B$ , pro který platí  $R_p(\varphi_B) = 0$ . V jeho okolí potom měření zopakuji s použitím zesíleného signálu a jeho hodnotu zpřesním. Podle Brewsterova zákona potom platí

$$\tan \varphi_B = n, \quad (1)$$

kde  $n$  je index lomu. Tuto hodnotu zároveň můžu spočítat ze Snellova zákona a Fresnelových vztahů buď fitem, nebo vyjádřením  $n$ .

$$n_0 \sin \varphi_0 = n \sin \varphi_1 \quad (2)$$

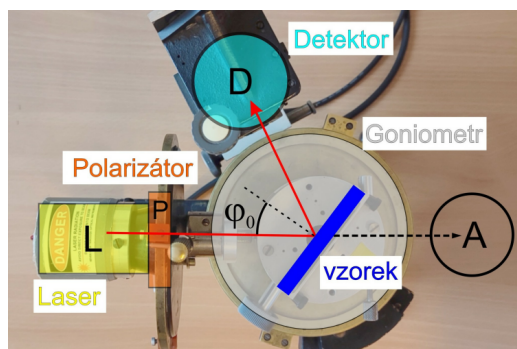
$$\sqrt{R_p} = \frac{n_0 \cos(\varphi_1) - n \cos(\varphi_0)}{n_0 \cos(\varphi_1) + n \cos(\varphi_0)} \quad \sqrt{R_s} = \frac{n_0 \cos(\varphi_0) - n \cos(\varphi_1)}{n_0 \cos(\varphi_0) + n \cos(\varphi_1)} \quad (3)$$

①  $\varphi_0 < \varphi_B$

$$n = \sqrt{\frac{(1 + \sqrt{R_s})(1 + \sqrt{R_p})}{(1 - \sqrt{R_s})(1 - \sqrt{R_p})}} \quad (4)$$

②  $\varphi_0 > \varphi_B$

$$n = \sqrt{\frac{(1 + \sqrt{R_s})(1 - \sqrt{R_p})}{(1 - \sqrt{R_s})(1 + \sqrt{R_p})}} \quad (5)$$



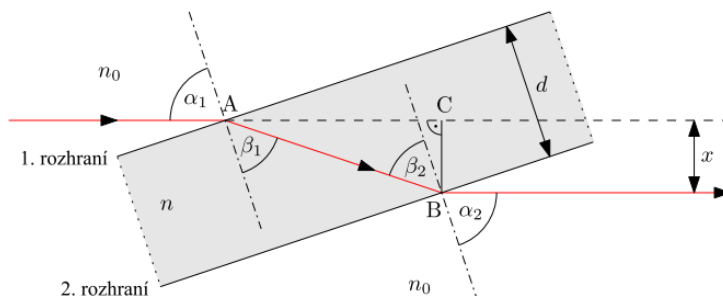
Obrázek 1: Experimentální uspořádání pro měření úhlové závislosti odrazivosti dielektrika. Poloha detektoru A odpovídá referenční pozici pro měření signálu bez vzorku

## 2.2. Průchod světla planparalelní deskou

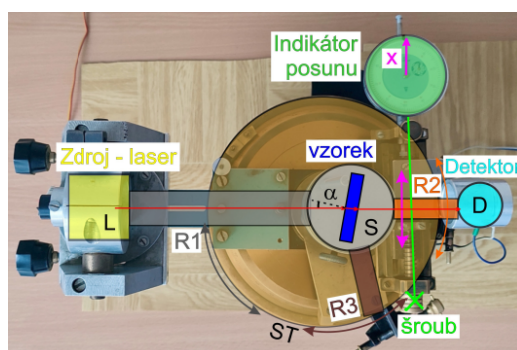
Obrázek 2 zobrazuje průchod světla planparalelní deskou a obrázek 3 realizaci tohoto jevu. Svazek světla dopadá na vzorek pod úhlem  $\alpha$ , který ho tím translačně posouvá o vzdálenost  $x$ . Ze Snellova zákona potom vyplývá vztah pro výpočet indexu lomu vzorku

$$n = n_0 \sqrt{\sin^2 \alpha + \left(1 - \frac{x}{d \sin \alpha}\right)^{-2} \cos^2 \alpha} \quad (6)$$

Změřím velikost odchylky  $x$  pro několik úhlů  $\alpha$  a výsledné hodnoty zprůměruju.



Obrázek 2: Průchod světla planparalelní deskou



Obrázek 3: Experimentální uspořádání pro měření průchodu světla planparalelní deskou a hranolem

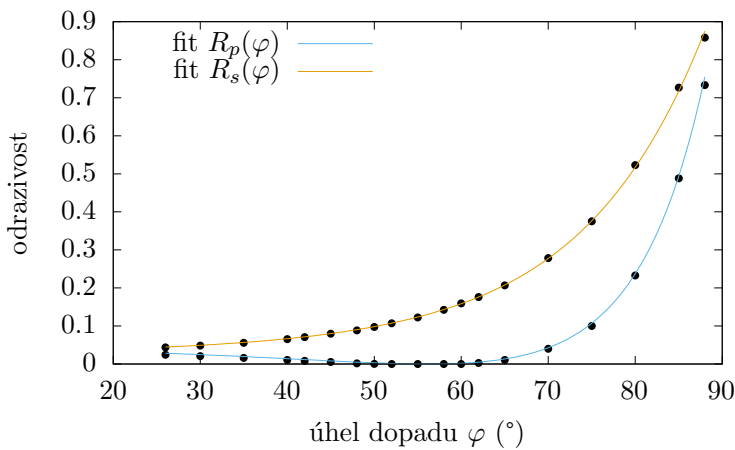
### 3. Výsledky měření

#### 3.1. Měření odrazivosti dielektrika

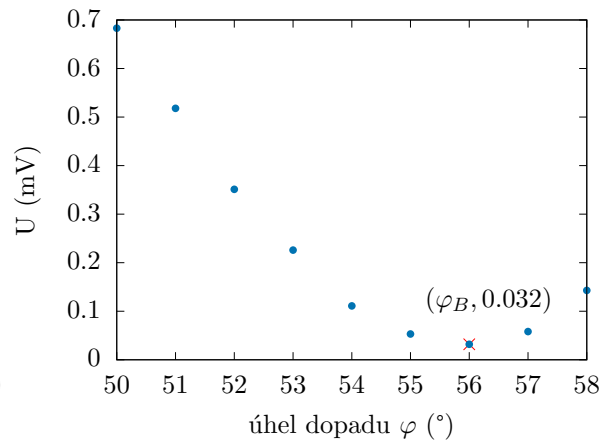
Sestavil jsem měření podle obrázku 1 a měřil intenzitu světla dopadajícího na detektor v rozmezí úhlu dopadu  $[25, 85]^\circ$  pro obě polarizace. Použité dielektrikum bylo v tomto případě sklo. Hodnoty převedené na odrazivost jsou v grafu 1, odkud je vidět, že Brewsterův úhel je někde kolem  $55^\circ$ . V okolí tohoto úhlu jsem měřil znovu při zesílení signálu, výsledky vynesl do grafu 2 a odečetl přesnější hodnotu  $\varphi_B = 56^\circ$ . Výsledný index lomu spočítám několika způsoby :

metoda	n
výpočet podle vztahu (1)	1.48
výpočet podle vztahů (4) a (5)	$1.45 \pm 0.02$
fit odrazivostí v s polarizaci	$1.45 \pm 0.01$
fit odrazivostí v p polarizaci	$1.49 \pm 0.03$

Tabulka 1: výsledné indexy lomu vzorku



Graf 1: Závislost odrazivosti  $R_p$  a  $R_s$  na úhlu dopadu



Graf 2: Měření  $R_p$  odrazivosti v okolí  $\varphi_B$

#### 3.2. Průchod světla planoparalelní deskou

Jako vzorek jsem použil sklo ze stejného materiálu jako v první části úlohy a vložil ho do aparatury z obrázku 3. Postupně jsem měnil natočení vzorku vůči laseru o úhly  $\alpha$  v rozmezí  $[5^\circ : 50^\circ]$  a odečítal odchylku od původní trajektorie. Výsledné hodnoty jsou uvedené v tabulce 2 s výpočtem indexu lomu pro každé měření podle vztahu (6). Ze statistického rozboru jsem určil finální hodnotu

$$n = 1.49 \pm 0.04$$

$\varphi(^\circ)$	$x$ (mm)	n
5	0.27	1.440
10	0.61	1.520
15	0.97	1.557
20	1.20	1.480
25	1.56	1.490
30	1.94	1.492
35	2.36	1.497
40	2.77	1.483
45	3.21	1.466
50	3.77	1.469

Tabulka 2: měření indexu lomu z úhlu dopadu  $\alpha$  a odchylky  $x$

## 4. Závěr

Změřil jsem závislost odrazivosti s a p polarizovaného světla při dopadu na skleněný vzorek a výsledné hodnoty vynesl do grafu 1. Fit je podle teoretických vztahů (2) a (3), odkud jsem určil index lomu vzorku prvním způsobem. Odrazivost  $R_p$  bylo potom potřeba znovu zjistit citlivěji v okolí, kde  $R_p \approx 0$  pro přesnější určení Brewsterova úhlu  $\varphi_B = 56^\circ$ . Index lomu je pak dál dopočítaný i podle vztahů (1), nebo (4) a (5). Všechny čtyři výsledné hodnoty jsou uvedené v tabulce 1.

V druhé části úlohy jsem použil planparalelní desku ze stejného materiálu jako v první části a měřil index lomu z posunutí paprsku světla po průchodu vzorkem natočeným vůči paprsku o nějaký úhel.

Ve výsledných hodnotách ze všech metod existuje trend podle kterého je  $n \approx 1.49$  a druhý, který říká, že  $n \approx 1.45$ . Přikláníl bych se spíš hodnotě 1.49, protože vychází z více nezávislých měření. Na druhé straně do čísla 1.45 se v obou případech nějakým způsobem míchalo měření  $R_s$ , které tím můžeme podezírat z nějaké chyby.