

## 4. Współczynnik załamania światła dla ciał stałych

Zespół 3: Górski Paweł, Sozańska Ada

EAIIB Informatyka, Rok II

15 listopada 2017

### 1 Wprowadzenie

Celem tego doświadczenia jest wyznaczenie wartości współczynnika załamania światła dla płytek wykonanych ze szkła i pleksiglasu.

#### 1.1 Prawo załamania światła

Prawo załamania światła mówi o tym, że jeżeli światło przechodzi z ośrodka  $A$  do ośrodka  $B$  o innych właściwościach optycznych, to stosunek sinusa kąta padania światła  $\theta_A$  do sinusa kąta załamania światła  $\theta_B$  jest stały. Stała ta nazywana jest współczynnikiem załamania światła i oznaczana jest przez  $n$ .

$$n = \frac{\sin \theta_A}{\sin \theta_B}. \quad (1.1)$$

Współczynnik załamania światła jest inny dla różnych długości fali, co jest widoczne między innymi podczas zjawiska dyspersji w pryzmacie.

## 1.2 Wyprowadzenie zależności

Dla bardzo małych kątów  $\alpha$  i  $\beta$  na mocy twierdzenia Taylora zachodzi przybliżenie:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \approx \frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}, \quad (1.2)$$

co pozwala nam przekształcić równanie (1.1) do postaci:

$$n = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}. \quad (1.3)$$

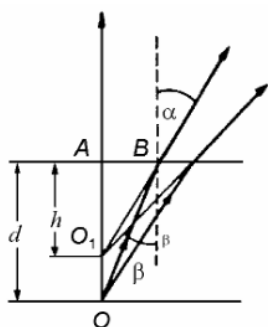
Jak widać na schemacie (Rys. 1) możemy w łatwy sposób podać zależności tangensa kątów od innych parametrów.

Możemy zapisać, że:

$$\tan \alpha = \frac{AB}{h}, \quad \tan \beta = \frac{AB}{d}, \quad (1.4)$$

gdzie  $h$  jest odległością pozorną od obserwatora, a  $d$  odległością rzeczywistą. W rezultacie otrzymujemy wzór:

$$n = \frac{d}{h}. \quad (1.5)$$



**Rys. 1:** Bieg promieni podczas załamania światła

**Źródło:** Instrukcja dośw.

Dla układu pomiarowego wykorzystanego w tym doświadczeniu (mikroskopu) możemy wykorzystać wzór (1.5), ponieważ

w rzeczywistości kąty  $\alpha$  i  $\beta$  są bardzo małe (patrzmy na płytkę prawie pod kątem prostym). W przypadku badania współczynnika załamania światła przy pomocy mikroskopu,  $d$  będzie grubością rzeczywistą płytki. Grubość pozorną płytki  $h$  będziemy mogli wyznaczyć dzięki dużemu przybliżeniu mikroskopu i jego wąskiemu zakresowi głębi ostrości, jako różnicę między górnym i dolnym poziomem płytki.

## 2 Wykonanie ćwiczenia

W celu wykonania doświadczenia wykorzystaliśmy:

- Mikroskop z czujnikiem mikrometrycznym i nasadką krzyżową,
- Śrubę mikrometryczną,
- Dwie płytki z plexiglasu o różnej grubości,
- Płytkę ze szkła.

Doświadczenie rozpoczęliśmy od zmierzenia grubości każdej z płytek za pomocą śruby mikrometrycznej o dokładności 0,01 mm.

Następnie umieściliśmy każdą płytkę pod mikroskopem i wykonaliśmy po sześć pomiarów dla płytek z plexiglasu, a siedem pomiarów dla płytki szklanej. Na każdej z płytek namalowany został krzyżyk w taki sposób, że jedna linia znajdowała się na górnej powierzchni, a druga na spodzie płytki. Dla każdej linii dostosowywaliśmy ostrość, a następnie odczytywaliśmy pomiary z zegara mikrometrycznego o dokładności 0.01 mm.

### 3 Opracowanie danych pomiarowych

#### 3.1 Analiza pomiarów dla plexiglasu

W poniżej tabeli znajdują się dane pomiarowe dla płytek z plexiglasu:

**Tab. 1:** Wartości pomiaru dla płytek z plexiglasu

Płytką 1: $d_1 = 3,80$ mm			Płytką 2: $d_2 = 4,93$ mm		
$a_d$ [mm]	$a_g$ [mm]	$h$ [mm]	$a_d$ [mm]	$a_g$ [mm]	$h$ [mm]
4,31	1,80	2,51	3,94	0,68	3,26
4,30	1,80	2,50	3,94	0,67	3,27
4,27	1,81	2,46	3,93	0,68	3,25
4,30	1,80	2,50	3,94	0,66	3,28
4,26	1,81	2,45	3,92	0,65	3,27
4,28	1,80	2,48	3,91	0,67	3,24

Wyliczone średnie grubości pozorne oraz odpowiadające im niepewności pomiaru dla powyższych danych wynoszą kolejno:

$$\begin{aligned} h_1 &= (2,4833 \pm 0,0098) \text{ mm}, \\ h_2 &= (3,2617 \pm 0,0060) \text{ mm}. \end{aligned} \tag{3.1}$$

Współczynniki załamania dla obu płytek wyznaczamy ze wzoru (1.5), a niepewność pomiaru współczynnika ze wzoru poniżej:

$$u(n) = n \sqrt{\left(\frac{u(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(h)}{h}\right)^2}, \tag{3.2}$$

będącego konsekwencją wzoru na niepewność względną pomiaru.

Dla powyższych płytek mamy:

$$\begin{aligned} n_1 &= 1,5302 \pm 0,0073, \\ n_2 &= 1,5115 \pm 0,0041. \end{aligned} \tag{3.3}$$

Wartość tabelaryczna współczynnika załamania światła dla plexiglasu wynosi  $n_0 = 1,492$ .

$$\begin{aligned} |n_0 - n_1| &= 0,038 > U(n_1) = 0,014, \\ |n_0 - n_2| &= 0,0194 > U(n_2) = 0,0082. \end{aligned} \tag{3.4}$$

Stwierdzamy, że wyniki dla obu płytek nie są zgodne z wartością tabelaryczną.

### 3.2 Analiza pomiarów dla szkła

W poniżej tabeli znajdują się dane pomiarowe dla szklanej płytki:

**Tab. 2:** Wartości pomiaru dla szklanej płytki

Płytką: $d_1 = 2,18$ mm		
$a_d$ [mm]	$a_g$ [mm]	$h$ [mm]
<b>4,80</b>	<b>3,41</b>	<b>1,39</b>
4,84	3,38	1,46
4,84	3,41	1,43
4,86	3,41	1,45
4,85	3,39	1,46
4,87	3,39	1,48
4,86	3,40	1,46

Pogrubione dane zawarte w tabeli (Tab. 2) zostały odrzucone ze względu na znacznie odbiegający od reszty wynik, który sugeruje popełnienie błędu grubego podczas pomiaru.

Wyliczona średnia grubość pozorna oraz odpowiadająca jej niepewność pomiaru dla powyższych danych wynosi:

$$h = (1,4567 \pm 0,0066) \text{ mm.} \quad (3.5)$$

Współczynniki załamania dla obu płytek wyznaczamy ze wzoru (1.5), a niepewność z wyznaczonego wyżej wzoru (3.2):

$$n = 1,4966 \pm 0,0096. \quad (3.6)$$

Wartość tabelaryczna współczynnika załamania światła dla szkła wynosi  $n_0 = 1,50$ .

$$|n_0 - n| = 0,003 < U(n_1) = 0,019. \quad (3.7)$$

Stwierdzamy, że wynik dla szklanej płytki jest zgodny z wartością tabelaryczną.

## 4 Wnioski

Wartości współczynnika załamania dla plexiglasu nie były zgodne z wartością tabelaryczną odpowiadającą temu materiałowi. Może być to spowodowane popełnieniem błędu systematycznego przez eksperymentatorów, na przykład podczas dobierania ostrości mikroskopu przy pomiarze grubości pozornej. Niestety wynik ten nie pozwala nam stwierdzić niezależności współczynnika załamania światła od grubości ośrodka.

Z kolei wartość współczynnika dla szkła okazała się zgodna z wartością tabelaryczną, z czego wynika, że dane nie były obarczone błędami grubym bądź systematycznym.