

**I-ET-DI**

**20.11.2018**

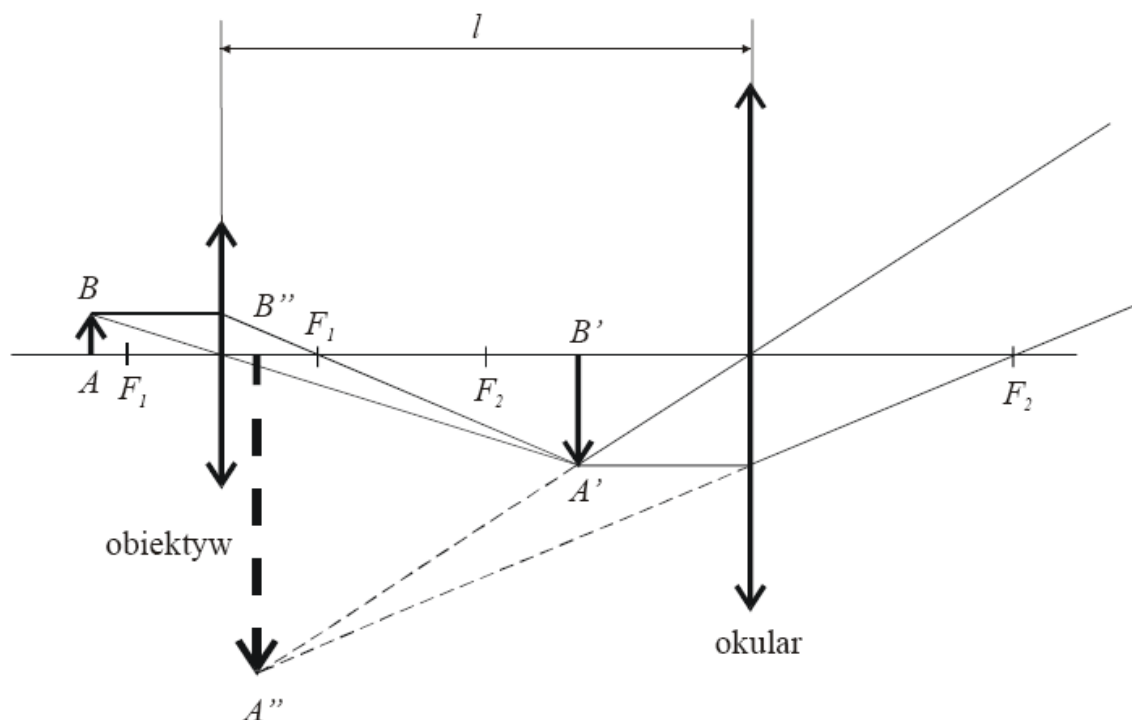
**Laboratorium z fizyki**

**Ćw. nr : 44**

**Wyznaczenie względnego współczynnika załamania  
światła dla przezroczystego ośrodka przy pomocy  
mikroskopu**

# 1. Wstęp teoretyczny:

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika załamania światła przy pomocy mikroskopu. Mikroskop składa się z dwóch soczewek skupiających ustawionych w odległości większej niż suma ogniskowych zastosowanych soczewek. Mikroskop posiada bardzo małe pole widzenia, przez co zapewnia potrzebny w wielu przypadkach warunek małych kątów. Pierwsza soczewka (obiektyw) daje obraz rzeczywisty, odwrócony i powiększony. Oglądany przedmiot umieszcza się przed obiektywem w odległości nieco większej niż jego ogniskowa  $f_1$ . Druga soczewka (okular) działa jak lupa i daje obraz urojony, powiększony i prosty.



Rys.1. Bieg promienia w mikroskopie

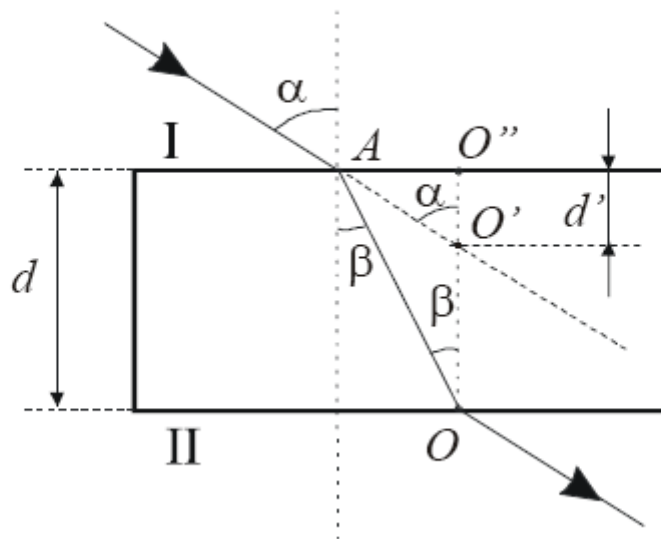
Metoda wyznaczenia współczynnika załamania przy pomocy mikroskopu oparta jest na obserwacji równoległego przesunięcia wiązki światła po przejściu przez równoległą płytkę.

Zgodnie z rys.2. załamany w punkcie A (to jest w miejscu wejścia promienia światła do szkła) promień ulega ponownemu załamaniu w punkcie 0. Jeżeli na powierzchni I płytki narysujemy jedną linię, a na powierzchni II narysujemy krzyżującą się z nią drugą linię, to obserwując przez mikroskop, widzi się obraz linii narysowanej na powierzchni II nie w punkcie 0, lecz w miejscu oznaczonym na rysunku O'. Oznaczamy grubość płytki przez  $d = OO'$  zaś grubość pozorną  $d' = O'O''$ . Z trygonometrycznych zależności wynika:

$$\frac{AO''}{d'} = \operatorname{tg} \alpha, \quad \frac{AO''}{d'} = \operatorname{tg} \beta$$

skąd:

$$d' = d \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}$$



Rys.2. Bieg promienia przez płask-równoległą płytkę  
Dla niewielkich kątów padania i załamania można przyjąć:

$$d' = d \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{d}{n_w}$$

gdzie  $n_w$  względny współczynnik załamania szkła. Zatem:

$$n_w = \frac{d}{d'}$$

## 2.Wykonanie ćwiczenia:

- **Opis ćwiczenia.** Po przygotowaniu mikroskopu ustawiając równo oświetlone pole widzenia. Wykonujemy kolejne pomiary grubości dwóch płytek płasko-równoległych o różnych grubościach. Śrubą mikrometryczną mierzymy grubość płytek  $d$  w różnych miejscach, pomiary powtarzamy 10 razy. Poczym ustawiamy płytkę na stoliku mikroskopu. Pokręcając śrubą przesuwu pionowego ustawiamy mikroskop tak, aby kreska narysowana na górnej powierzchni płytki była widoczna w maksymalnej ostrości, następnie kręcąc śrubą znajdującą się na stopce mikrometru dołączonego do mikroskopu zerujemy go. Obniżamy obiektyw dopóki nie otrzymamy ostrego obrazu kreski znajdującej się na dolnej powierzchni płytki. Odczytujemy wskazanie mikrometru i notujemy oznaczając  $d'$ , pomiary powtarzamy dziesięciokrotnie.
- **Do ćwiczenia wykorzystano:**
  - mikroskop optyczny podświetlany
  - Śrubę mikrometryczną
  - Mikrometr dołączony do mikroskopu
  - Dwie badane płytki

### 3. Tabela z wynikami pomiarów:

Material	d[mm]	$d_{\text{sr}} + u(d_{\text{sr}})$	$d_1$ [mm]	$d_2$ [mm]	$d'$	$d'_{\text{sr}} + u(d'_{\text{sr}})$	$n + u(n)$
Plastik	4,24	$4,251 \pm 0,006$	1	3,1	2,1	$1,98 \pm 0,11$	$2,212 \pm 0,134$
	4,24		1,05	3,08	2,03		
	4,26		1,1	2,71	1,61		
	4,29		0,9	3,24	2,34		
	4,28		1	3,41	2,41		
	4,24		1,05	2,72	1,67		
	4,25		0,9	3,06	2,16		
	4,24		0,95	3,28	2,33		
	4,24		0,99	2,64	1,65		
	4,23		1	2,48	1,48		
Szkło	5,93	$5,926 \pm 0,002$	1	2,2	1,2	$1,03 \pm 0,05$	$5,863 \pm 0,298$
	5,92		1,1	1,95	0,85		
	5,94		0,9	1,98	1,08		
	5,92		1	1,9	0,9		
	5,93		1,05	1,85	0,8		
	5,92		1,1	2,28	1,18		
	5,92		1,05	2,08	1,03		
	5,93		1	2,25	1,25		
	5,92		0,9	1,98	1,08		
	5,93		1	1,95	0,95		

### 3. Obliczenia:

a) Obliczanie średniej grubości płytek:

a. Plastik

$$d_{\text{sr}} = \frac{4,24 + 4,24 + 4,26 + 4,29 + 4,28 + 4,24 + 4,25 + 4,24 + 4,24 + 4,23}{10} = 4,251[\text{mm}]$$

b. Szkło

$$d_{\text{sr}} = \frac{5,93 + 5,92 + 5,94 + 5,92 + 5,93 + 5,92 + 5,92 + 5,93 + 5,92 + 5,93}{10} = 5,926[\text{mm}]$$

**b) Obliczanie błędu bezwzględnego typu A płytek mierzonych śrubą mikrometryczną:**

a. Plastik

$$u(d) = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_{10} - \bar{d})^2}{10(10-1)}} = \sqrt{\frac{(4,24 - 4,251)^2 + \dots + (4,23 - 4,251)^2}{90}} \approx 0,006[mm]$$

b. Szkło

$$u(d) = \sqrt{\frac{(d_1 - \bar{d})^2 + \dots + (d_{10} - \bar{d})^2}{10(10-1)}} = \sqrt{\frac{(5,93 - 5,926)^2 + \dots + (5,93 - 5,926)^2}{90}} \approx 0,002[mm]$$

**c) Obliczanie błędu bezwzględnego typu A płytek mierzonych mikroskopem:**

a. Plastik

$$u(d') = \sqrt{\frac{(d'_1 - \bar{d}')^2 + \dots + (d'_{10} - \bar{d}')^2}{10(10-1)}} = \sqrt{\frac{(2,1 - 1,98)^2 + \dots + (1,48 - 1,98)^2}{90}} \approx 0,011[mm]$$

b. Szkło

$$u(d') = \sqrt{\frac{(d'_1 - \bar{d}')^2 + \dots + (d'_{10} - \bar{d}')^2}{10(10-1)}} = \sqrt{\frac{(1,2 - 1,03)^2 + \dots + (0,95 - 1,03)^2}{90}} \approx 0,05[mm]$$

Względny współczynnik załamania liczymy ze wzoru:

$$n = \frac{d}{d'} \quad \text{np.:} \quad n_1 = \frac{4,24}{2,1} \approx 2,019 \quad \text{lub} \quad n_1 = \frac{5,93}{1,2} \approx 4,942$$

Analogicznie obliczamy wartości  $n$  dla pozostałych pomiarów plastikowej i szklanej płytki

**Obliczenie średniego względnego współczynnika załamania:**

$$\text{Dla plastiku: } n_{sr} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n_i = 2,212$$

$$\text{Dla szkła: } n_{sr} = \frac{1}{10} \sum_{i=10}^{10} n_2 = 5,863$$

Wszelkie obliczenia zostały wykonane za pomocą arkusza kalkulacyjnego.

**d) Analiza niepewności pomiarowych:**

a. Plastik

Niepewności związane z niedokładnością śrub mikrometrycznych i mikroskopów

$u(d) = 0,006\text{ mm}$  -przy pomiarze ręcznym wartości rzeczywistej

$u(d') = 0,11\text{ mm}$  -przy pomiarze za pomocą mikroskopu wartości pozornej

$$u(n_1) = u(d) \cdot \left| \frac{1}{d'} \right| + u(d') \cdot \left| -\frac{d}{(d')^2} \right| = \left| \frac{u(d)}{d'} \right| + \left| -\frac{u(d') \cdot d}{(d')^2} \right|$$

np.:

$$u(n_1) = \left| \frac{0,006}{2,1} \right| + \left| -\frac{0,11 \cdot 4,24}{(2,1)^2} \right| = 0,134$$

b. Szkło

Niepewności związane z niedokładnością śrub mikrometrycznych i mikroskopów

$u(d) = 0,002\text{ mm}$  -przy pomiarze ręcznym wartości rzeczywistej

$u(d') = 0,05\text{ mm}$  -przy pomiarze za pomocą mikroskopu wartości pozornej

$$u(n_1) = \left| \frac{0,002}{1,2} \right| + \left| -\frac{0,05 \cdot 5,93}{(1,2)^2} \right| = 0,298$$

e) Wylczenie średniego błędu:

Dla pomiarów plastiku:

$$\Delta_{sr} n = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n = 0,134$$

Dla pomiarów płytki szklanej:

$$\Delta_{sr} n = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} n = 0,298$$

## 5. Wnioski

Metoda wyznaczania współczynnika załamania przy pomocy mikroskopu oparta jest na obserwacji równoległego przesunięcia wiązki światła po przejściu przez płasko-równoległą płytkę. Wyznaczaliśmy względny (względem powietrza) współczynnik załamania światła dla dwóch płytek :

(d<sub>1</sub>) z plastiku -  $2,212 \pm 0,134$

(d<sub>2</sub>) szklanej –  $5,863 \pm 0,298$

Mimo, że nie znamy rodzaju badanego szkła możemy ocenić poprawność wykonanych obliczeń, gdyż różnice pomiędzy granicznymi współczynnikami załamania dla różnych gatunków szkieł mieszczą się w błędzie obliczonym w ćwiczeniu ( $\Delta n_2 = 0,05$ ).

Stosując większe powiększenia mikroskopu moglibyśmy wyznaczyć błędy a także pozorną grubość płytek ( $d'_1$   $d'_2$ ) z większą dokładnością.