

|                                            |                             |                |              |                 |              |
|--------------------------------------------|-----------------------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|
| Wydział                                    | Imię i nazwisko<br>1.<br>2. |                | Rok          | Grupa           | Zespół       |
| <b>PRACOWNIA<br/>FIZYCZNA<br/>WFiS AGH</b> | Temat:                      |                |              |                 | Nr ćwiczenia |
| Data wykonania                             | Data oddania                | Zwrot do popr. | Data oddania | Data zaliczenia | OCENA        |

## Ćwiczenie nr 51: Współczynnik załamania światła dla ciał stałych

### Cel ćwiczenia

Wyznaczenie współczynnika załamania światła dla płytki szklanej i pleksiglasowej metodą pomiaru grubości pozornej płytki przy pomocy mikroskopu.

### Zagadnienia kontrolne

1. Prawo odbicia.
2. Załamanie światła na granicy dwóch ośrodków przezroczystych
3. Bezwzględny i względny współczynnik załamania ośrodka. Prawo załamania.
4. Przeanalizuj bieg promieni w przezroczystej płytce płasko-równoległej, podaj zależność między jej prawdziwą grubością  $d$ , grubością pozorną  $h$  i współczynnikiem załamania  $n$ .
5. Budowa mikroskopu – bieg promieni w mikroskopie. Od czego zależy powiększenie obrazu widzianego w mikroskopie?

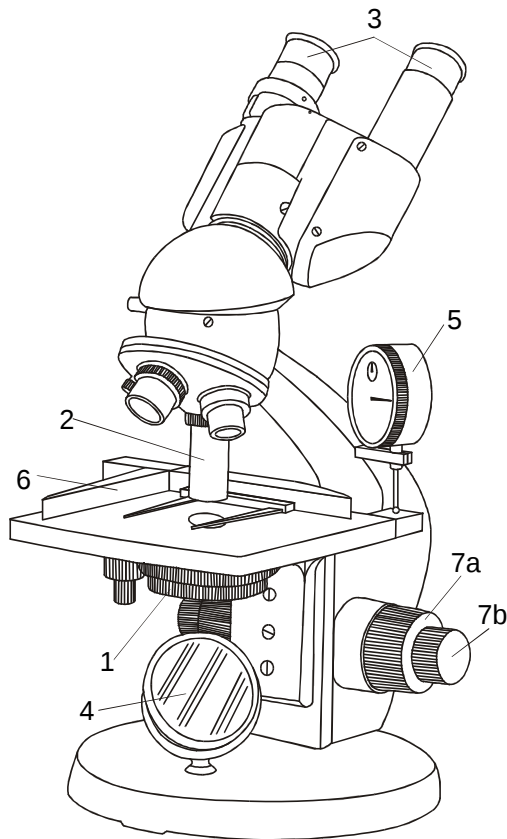
*Ocena  
i podpis*

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

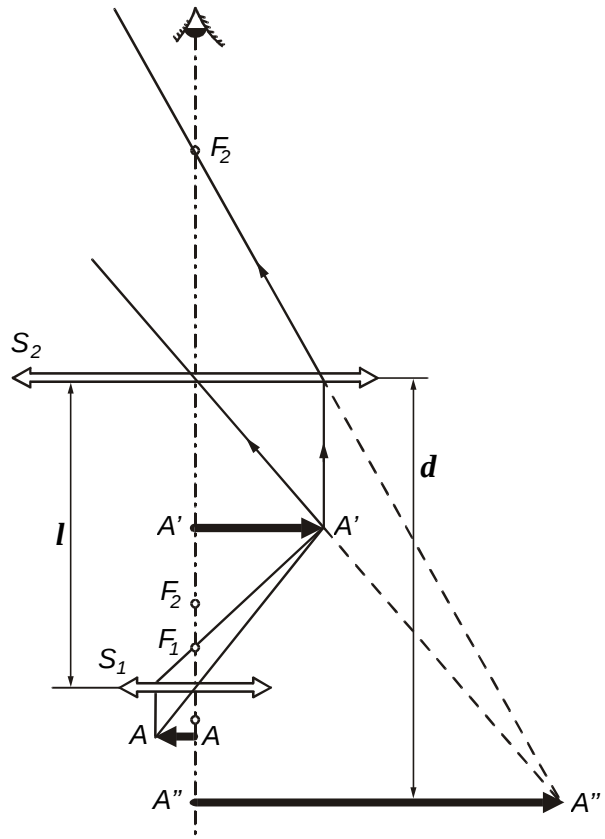
## 1. Układ pomiarowy

W skład układu pomiarowego wchodzi:

1. Mikroskop wyposażony w czujnik mikrometryczny i nasadkę krzyżową.
2. Śruba mikrometryczna.
3. Zestaw płytek szklanych i z pleksiglasu, różnej grubości.



a)



b)

Rys. w1. *Schemat budowy mikroskopu*: a) mikroskop i jego elementy: 1 – kondensor, 2 – obiektyw, 3 – okular, 4 – lusterko lub lampka oświetleniowa, 5 – czujnik mikrometryczny, którego stopka spoczywa na ruchomej części mikroskopu, 6 – nasadka krzyżowa XY mocująca z pokrętkami do przesuwu płytki, 7a – pokrętło służące do przesuwu stolika ruchem zgrubnym, 7b – pokrętło służące do przesuwu stolika ruchem dokładnym; b) zasada powstawania obrazu ( $A''$ ) przedmiotu ( $A$ ).

Do charakterystycznych cech mikroskopu zaliczamy powiększenie i zdolność rozdzielczą. Powiększenie z pewnym przybliżeniem można wyznaczyć ze wzoru:

$$p = \frac{l \cdot d}{f_1 \cdot f_2}$$

gdzie:  $l$  – odległość między obiektywem a okulem,

$d$  – odległość dobrego widzenia,

$f_1$  – ogniskowa obiektywu,

$f_2$  – ogniskowa okularu.

## 2. Wykonanie ćwiczenia

1. Zapoznaj się z budową mikroskopu
2. Na obu powierzchniach płytki narysuj kreski, jedna nad drugą cienkim pisakiem (ewentualnie można wykorzystać istniejące kreski).
3. Zmierz śrubą mikrometryczną grubość płytki  $d$  w pobliżu kresek.
4. Ustaw badaną płytkę na stoliku mikroskopu w uchwycie i dobierz ostrość tak by uzyskać kontrastowy obraz. Regulując położenie stolika pokrętle 7a zaobserwuj górny i dolny ślad zaznaczony na płytce.
5. Pokrętle 7b przesun stolik mikroskopu do momentu uzyskania ostrego obrazu śladu na górnej powierzchni płytki.
6. Odczytaj położenie  $a_g$  wskazówki czujnika mikrometrycznego.
7. Przesun stolik mikroskopu do położenia, w którym widoczny jest ślad na dolnej powierzchni płytki (pokrętle 7b).
8. Ponownie odczytaj położenie  $a_d$  wskazówki czujnika.
9. Odczyty zanotuj w tabeli 1 i 2.

## 3. Wyniki pomiarów

Tabela 1

| Materiał:<br><br>Grubość rzeczywista $d = \dots\dots\dots$ [mm]<br><br>Niepewność $u(d) = \dots\dots\dots$ [mm] |                    |               |                         |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|------------------------|
| lp.                                                                                                             | Wskazanie czujnika |               | Grubość pozorna         | Współczynnik załamania |
|                                                                                                                 | $a_d$<br>[mm]      | $a_g$<br>[mm] | $h = a_d - a_g$<br>[mm] | $n = \frac{d}{h}$      |
| 1                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 2                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 3                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 4                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 5                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 6                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 7                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 8                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 9                                                                                                               |                    |               |                         |                        |
| 10                                                                                                              |                    |               |                         |                        |
| Średnia grubość pozorna $h$ [mm]                                                                                |                    |               |                         |                        |
| Niepewność $u(h)$ [mm]                                                                                          |                    |               |                         |                        |

**Tabela 2**

| <p>Materiał:</p> <p>Grubość rzeczywista <math>d = \dots\dots\dots</math> [mm]</p> <p>Niepewność <math>u(d) = \dots\dots\dots</math> [mm]</p> |                    |               |                         |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-------------------------|------------------------|
| lp.                                                                                                                                          | Wskazanie czujnika |               | Grubość pozorna         | Współczynnik załamania |
|                                                                                                                                              | $a_d$<br>[mm]      | $a_g$<br>[mm] | $h = a_d - a_g$<br>[mm] | $n = \frac{d}{h}$      |
| 1                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 2                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 3                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 4                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 5                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 6                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 7                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 8                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 9                                                                                                                                            |                    |               |                         |                        |
| 10                                                                                                                                           |                    |               |                         |                        |
| Średnia grubość pozorna $h$ [mm]                                                                                                             |                    |               |                         |                        |
| Niepewność $u(h)$ [mm]                                                                                                                       |                    |               |                         |                        |

10. Dla jednej z badanych płytek wykonaj czynności 4-8, zakładając na lampę mikroskopową dostępne filtry o podanej długości fali. Wyniki pomiarów zanotuj w tabeli 3.

**Tabela 3: Badanie zależności  $n(\lambda)$**

| <p>Materiał:</p> <p>Grubość rzeczywista <math>d = \dots\dots\dots</math> [mm]</p> |                                |      |                       |               |                         |                           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------|-----------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|
| Filtr                                                                             | Długość fali $\lambda$<br>[nm] | l.p. | Wskazanie<br>czujnika |               | Grubość<br>pozorna      | Współczynnik<br>załamania | Wartość<br>średnia |
|                                                                                   |                                |      | $a_d$<br>[mm]         | $a_g$<br>[mm] | $h = a_d - a_g$<br>[mm] | $n = \frac{d}{h}$         | $\bar{n}$          |
| I                                                                                 |                                | 1    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 2    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 3    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 4    |                       |               |                         |                           |                    |
| II                                                                                |                                | 1    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 2    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 3    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 4    |                       |               |                         |                           |                    |
| III                                                                               |                                | 1    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 2    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 3    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 4    |                       |               |                         |                           |                    |
| IV                                                                                |                                | 1    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 2    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 3    |                       |               |                         |                           |                    |
|                                                                                   |                                | 4    |                       |               |                         |                           |                    |

#### 4. Opracowanie wyników pomiarów

1. Oblicz wartość współczynnika załamania  $n$  dla każdej badanej płytki w oparciu o grubość rzeczywistą płytki oraz średnią grubość pozorną. Liczenie  $n$  w trakcie wykonywania pomiarów miało na celu sprawdzenie, czy poszczególne pomiary są wykonywane prawidłowo.
2. Oszacuj niepewność typu B wyznaczenia grubości płytki rzeczywistej  $u(d)$  oraz niepewność typu A dla grubości pozornej  $h$  (wyniki zapisz w odpowiedniej tabeli).
3. Oblicz niepewność złożoną współczynnika załamania  $n$  z prawa przenoszenia niepewności:

$$u(n) = \sqrt{\left[\frac{1}{h}u(d)\right]^2 + \left[\frac{-d}{h^2}u(h)\right]^2} = \dots\dots\dots$$

lub korzystając z wzoru wynikającego z prawa przenoszenia niepewności względnych:

$$\frac{u(n)}{n} = \sqrt{\left[\frac{u(d)}{d}\right]^2 + \left[\frac{u(h)}{h}\right]^2} = \dots\dots\dots,$$

$$\text{czyli: } u(n) = n \cdot \sqrt{\left[\frac{u(d)}{d}\right]^2 + \left[\frac{u(h)}{h}\right]^2} = \dots\dots\dots$$

(patrz pkt. 1.5 „Opracowania danych pomiarowych”).

4. Zapisz otrzymane wartości współczynnika załamania wraz z obliczonymi niepewnościami i porównaj je z wartościami tablicowymi.

### Zestawienie wyników

| rodzaj materiału | <i>n</i> zmierzone | <i>n</i> tablicowe |
|------------------|--------------------|--------------------|
|                  |                    |                    |
|                  |                    |                    |

5. Wykonaj wykres zależności średniego współczynnika załamania światła od długości fali  $n(\lambda)$ . Czy na podstawie wykresu można stwierdzić, że mamy do czynienia z dyspersją normalną?