



Podstawy Fizyki Optyka

Praca zbiorowa

Ćwiczenie 40

***BADANIE WSPÓŁCZYNNIKA ZAŁAMANIA***

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2020

## 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze zjawiskami optycznymi zachodzącymi przy przejściu światła przez płasko-równoległą szklaną płytkę oraz doświadczalne wyznaczenie - za pomocą mikroskopu - współczynnika załamania światła dla szkła.

W ćwiczeniu studenci ugruntowują wiedzę związaną z prawami optyki geometrycznej, poznają metodykę wykonywania pomiarów z wykorzystaniem mikroskopu optycznego.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- mikroskop optyczny z oświetlaczem;
- szklana płytka z rysami;
- mikrometr.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- Światło, założenia optyki geometrycznej.
- Odbicie i załamanie światła, współczynnik załamania światła.
- Bieg promieni świetlnych w płytce płasko-równoległej.
-

## 2. Wprowadzenie teoretyczne.

### Podstawowe pojęcia i definicje

**Światło** – popularna nazwa części całego widma fal elektromagnetycznych ( pasmo od około 400nm do 750nm), która jest widzialna dla ludzkiego oka ( i nie tylko). Prędkość światła w próżni jest jednakowa dla wszystkich długości fal i wynosi około 300 000 km/s. W każdym innym ośrodku (materialnym) prędkość światła jest mniejsza niż w próżni a ponadto, w konkretnym ośrodku materialnym zależy od długości fali (barwy) - im większa długość fali, tym większa prędkość.

Światło jest nie tylko falą elektromagnetyczną, jest także strumieniem cząstek - fotonów. Dlatego mówimy o korpuskularno-falowej naturze światła.

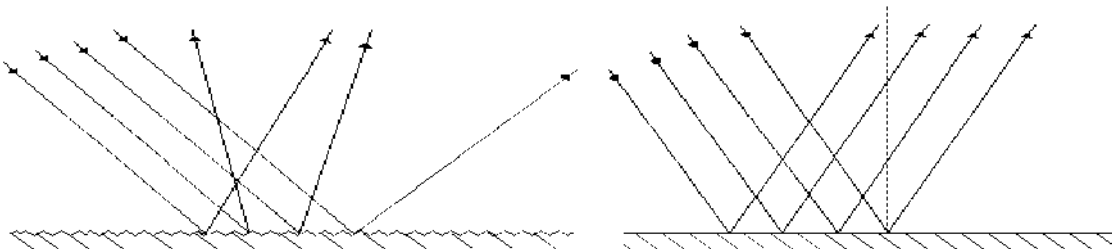
**Optyka geometryczna** – głównymi jej założeniami jest, że promienie świetlne:

- rozchodzą się prostoliniowo w( przezroczystych, nie rozpraszających) jednorodnych ośrodkach optycznych
- krzyżując się nie zniekształcają swoich kierunków
- są odwracalne tzn. jeżeli biegną między dwoma punktami (w jedną stronę) to przy zmianie kierunku będą biegły po tej samej drodze.

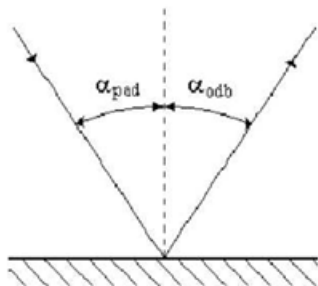
**Odbicie światła** – gdy wiązka równoległa pada na :

- chropowatą powierzchnię – ulega rozproszeniu w różnych kierunkach,
- powierzchnię gładką ( o nierównościach mniejszych niż długość fali świetlnej) – odbija się w jedną stronę.

Przedstawiają to rysunki poniżej.



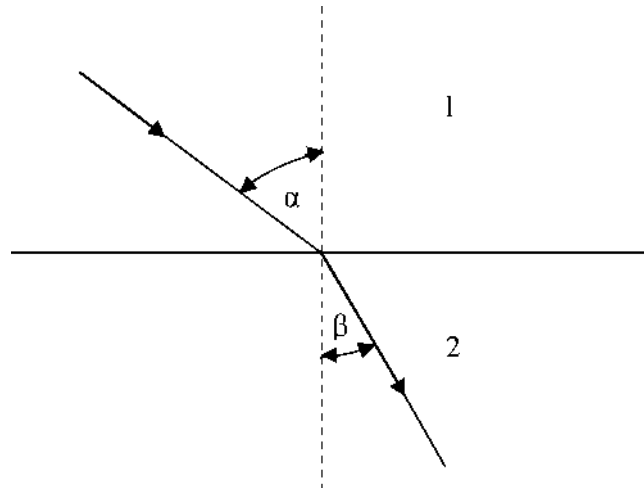
**Prawo odbicia światła** – mówi



prostopadła do powierzchni w jej płaszczyźnie, a kąt padania (patrz rysunek obok).

## Załamania światła – prawo Snelliusa

gdy światło przechodzi z ośrodka 1 do ośrodka 2, (np. z powietrza do wody), ulega załamaniu na granicy ośrodków. Patrz rysunek obok.



Promień padający, załamany oraz prosta prostopadła do powierzchni w punkcie załamania leżą w jednej płaszczyźnie, a stosunek sinusa kąta padania do sinusa kąta załamania jest wielkością stałą dla tych ośrodków i dla danej długości fali:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{const.}$$

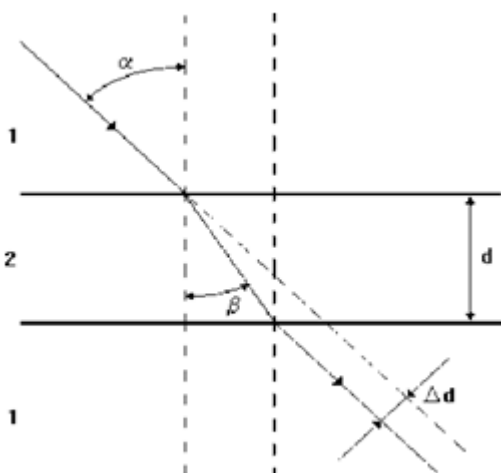
Współczynnik załamania światła można również zapisać jako stosunek prędkości światła w poszczególnych ośrodkach:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = v_1/v_2 = \eta$$

Gdzie:  $v_1$  i  $v_2$  to prędkości rozchodzenia się światła.

Współczynnik załamania zależy od długości fali i od stanu ośrodków - np. ich temperatury i ciśnienia. Zależność ta nazywana jest zjawiskiem dyspersji światła.

Światło przechodząc przez płytkę równoległościenną (np. szybę okienną) ulega dwukrotnie załamaniu (na obydwu granicach ośrodków) w taki sposób, że wychodzący promień jest równoległy do promienia padającego.



Przesunięcie promienia zależy od grubości płytki  $d$ , kąta padania  $\alpha$  oraz od współczynnika załamania światła  $\eta$  materiału płytki

### 3. Zasada pomiaru

Załamanie światła na powierzchni szkła powoduje - powstanie złudzenia optycznego, wydaje się że płytka szklana jest cieńsza niż jest w rzeczywistości. Przedstawia to na rysunek, na którym obrazem pozornym punktu A jest punkt A'.

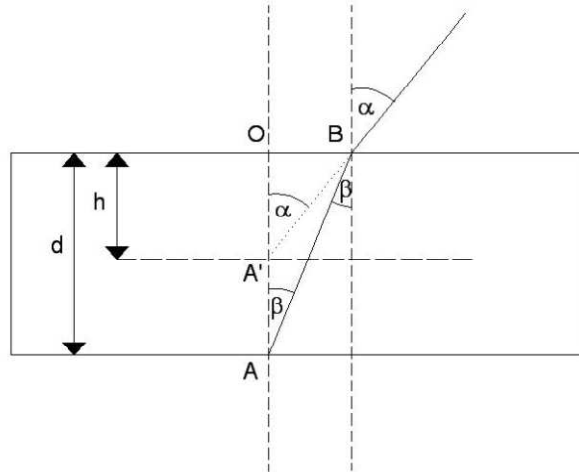
Odcinek (OA') - to grubość pozorna płytki ( $h$ ).

Na rysunku obok widzimy utworzone przez promienie świetlne dwa trójkąty OAB i OA'B. widać, że

$$\frac{OB}{h} = \operatorname{tg} \alpha \quad \text{i} \quad \frac{OB}{d} = \operatorname{tg} \beta,$$

dzieląc je przez siebie otrzymamy

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



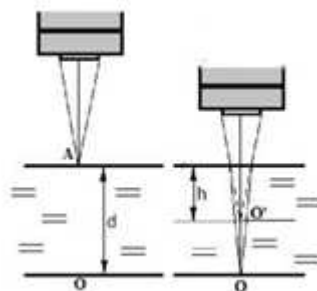
Ze względu na to, że kąty są małe upraszczając (tangensy możemy zamienić na sinusy) i zapisać:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{d}{h}$$

Co w porównaniu z prawem Snelliusa da nam ostatecznie:

$$\frac{d}{h} = \eta \quad /1/$$

Grubość pozorną płytki – wyznaczamy za pomocą mikroskopu. Jest to różnica położenia okularu mikroskopu - gdy widzimy ostro obraz z górnej i dolnej powierzchni płytki. Patrz rysunek poniżej.



Z budowy śruby mikrometrycznej mikroskopu wynika że 10 pełnych obrotów przesuwa okular o 1mm

## Praktyczne wskazówki do wykonania pomiaru grubości pozornej płytki.

- śrubę mikrometryczną skręcamy do oporu i ustawiamy ją na wartość 0 i od tego momentu **NIE RUSZAMY POKRĘTŁA MIKROMETRYCZNEGO**
- pokrętkami zgrubnej regulacji ustawiamy ostry obraz rysy górnej (A na rysunku) do tabeli zapisujemy wynik 0,00 jako  $l_1$  lub  $l_2$  (kolejność zapisu nie jest istotna, bo  $h = |l_1 - l_2|$ ).

Zaczynamy pomiar

- Kręcimy śrubą mikrometryczną (licząc ilość pełnych obrotów) aż uzyskamy ostry obraz rysy dolnej (punktu O'), zapisujemy wynik jako  $l_2$  lub  $l_1$  w postaci:

przed przecinkiem **Liczba pełnych obrotów**, po przecinku **odczyt z bębna śruby mikrometrycznej**

Ostatecznie grubość pozorna to w opisywanym przypadku

$$\frac{\text{liczba obrotów, odczyt z bębna}}{10} \quad [\text{mm}]$$

## 4. Przebieg pomiarów

1. Rzeczywistą grubość płytki mierzymy śrubą mikrometryczną.
2. Na obu powierzchniach badanej płytki rysujemy tuszem (lub nacinaemy ostrym narzędziem) dwie krzyżujące się rysy.
3. Płytkę umieszczamy na stoliku mikroskopu.
4. Notujemy położenie śruby mikrometrycznej ( $l_1$ ) w przypadku, gdy widzimy ostry obraz rysy na górnej ściance płytki.
5. Odczytujemy położenie śruby mikrometrycznej ( $l_2$ ), gdy w polu widzenia pojawi się ostry obraz rysy umieszczonej na dolnej ściance płytki.
6. Pomiarów 1, do 5 powtarzamy 5-krotnie, obliczamy średnie wartości  $d$  i  $h$ .
7. Wyniki zapisujemy w tabeli.

| L.p.    | Grubość płytki | Grubość pozorna   |       |                   | Współczynnik załamania |
|---------|----------------|-------------------|-------|-------------------|------------------------|
|         |                | Położenie okularu |       | $h =  l_1 - l_2 $ |                        |
|         |                | $l_1$             | $l_2$ |                   | $\eta$                 |
| 1       |                |                   |       |                   |                        |
| 2       |                |                   |       |                   |                        |
| 3       |                |                   |       |                   |                        |
| 4       |                |                   |       |                   |                        |
| 5       |                |                   |       |                   |                        |
| Średnia |                |                   |       |                   |                        |

8. Współczynnik załamania obliczamy ze wzoru /1/

## 5. Opracowanie wyników

1. Obliczamy grubość pozorną płytki z różnicy  $h = |l_1 - l_2|$ . Wyniki notujemy
2. Następnie obliczamy współczynnik załamania światła  $\eta$ .
3. Błąd pomiarowy obliczamy metodą logarytmiczną, korzystając ze wzoru:

$$\Delta\eta = \eta \left( \left| \frac{\Delta d}{d} \right| + \left| \frac{\Delta h}{h} \right| \right)$$

4. Jako  $\Delta d$  przyjmujemy dokładność pomiaru śruby mikrometrycznej,  $\Delta h$  szacujemy przy ustawianiu ostrości widzenia np. rysy górnej. kręcąc śrubą mikrometryczną mikroskopu zanotujmy przedział w którym możemy powiedzieć, że widzimy ostry obraz rysy.
5. Przeprowadzamy rachunek i dyskusję błędów oraz wyników.

## 6. Literatura

1. A. Daniluk - Instrukcje do ćwiczeń z fizyki.
2. J.R. Meyer - Arendt - Wstęp do optyki.
3. S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna, t.IV, Optyka.
4. T. Dryński - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.
5. A. Zawadzki, H. Hofmokl - Laboratorium fizyczne.
6. Feynman R.P., - Feynmana wykłady z fizyki T.1, część 2
7. Hanc T. - Pomiarzy optyczne, WNT, W-wa 1964,
8. Herman M. i in., - Podstawy Fizyki, PWN W-wa 1980,
9. Halliday D., Resnick R., - Fizyka T.2,
10. S. Przystański, - Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki,
11. Feynman R. (2012), - Wykłady z fizyki, Tom 1.2, PWN, Warszawa.
12. Halliday D., Resnick R., Walker J., - *Podstawy fizyki*, Tom 4, PWN, Warszawa.
13. <http://www.up.poznan.pl/kfiz/images/attachments/protokoly/d12.pdf>
14. [info.wiz.pb.edu.pl](http://info.wiz.pb.edu.pl) > media > Wydział > Ćwiczenie nr 2
15. <http://kawe.wfis.uni.lodz.pl/kfd/pdf/O-7.pdf>
16. <http://fizyka.ur.krakow.pl/cwicz41.pdf>