



Podstawy Fizyki Optyka

Praca zbiorowa

Ćwiczenie 41

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 pryzmat oraz doświadczalne wyznaczenie - za pomocą goniometru kołowego bardzo dokładnie (z dokładnością do minut kątowych) :

- kąta łamiącego pryzmatu
- zależności kąta odchylenia promienia w pryzmacie od kąta padania
- współczynnika załamania materiału pryzmatu

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

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

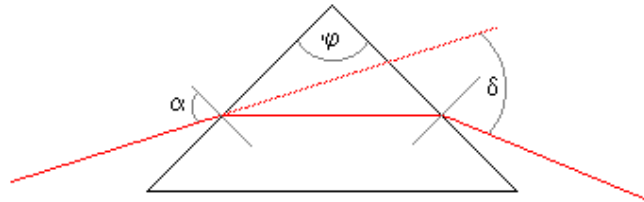
- goniometr kołowy
- oświetlacz – lampa sodowa;
- szklany pryzmat;

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

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

2. Wprowadzenie teoretyczne

Promień przechodzący przez pryzmat ulega dwukrotnemu załamaniu na jego powierzchniach bocznych i odchyleniu o kąt δ . Jeżeli dwusieczna kąta łamiącego φ jest prostopadła do promienia biegnącego wewnątrz pryzmatu, wówczas kąt odchylenia δ osiąga wartość minimalną.



Rys. 1

Generalnie, wartość kąta odchylenia δ zależy od kąta padania α , kąta łamiącego pryzmatu φ oraz współczynnika załamania n materiału pryzmatu względem otoczenia. Zatem

$$\delta = f(\alpha, n, \varphi). \quad (1)$$

Dla określonego pryzmatu oświetlanego światłem monochromatycznym, to

$$\delta = f(\alpha). \quad (2)$$

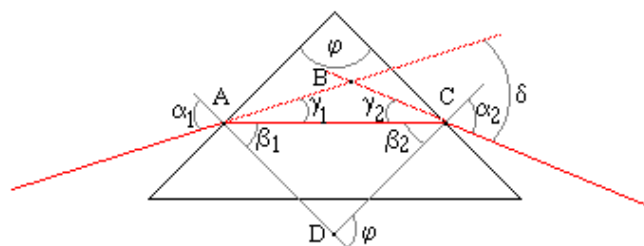
Wartość kąta odchylenia jest funkcją kąta padania. Znając zależność matematyczną (2) kąta minimalnego odchylenia otrzymamy z wyrażenia:

$$\frac{d\delta}{d\alpha} = \frac{df(\alpha)}{d\alpha} = 0, \quad \text{dla } \delta = \delta_{\min} \quad (3)$$

Oznaczmy przez:

α_1 - kąt padania promienia świetlnego na pierwszą ścianę pryzmatu, β_1 - kąt załamania, β_2 - kąt padania promienia świetlnego na drugą ścianę pryzmatu, α_2 - kąt załamania na wyjściu z pryzmatu.

Patrz rysunek:



Rys. 2

Widać, że

$$\alpha_1 = \gamma_1 + \beta_1 \quad \text{oraz} \quad \alpha_2 = \gamma_2 + \beta_2,$$

a $\delta = \gamma_1 + \gamma_2$, jako kąt zewnętrzny w trójkącie ABC, zatem

$$\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2,$$

lub $\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - (\beta_1 + \beta_2).$

Z trójkąta ACD widać, że

$$\varphi = \beta_1 + \beta_2,$$

więc

$$\delta = \alpha_1 + \alpha_2 - \varphi.$$

Jeżeli $\delta = \delta_{\min}$, to $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ a $\beta_1 = \beta_2 = \beta$. Ponieważ współczynnik załamania

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta},$$

to

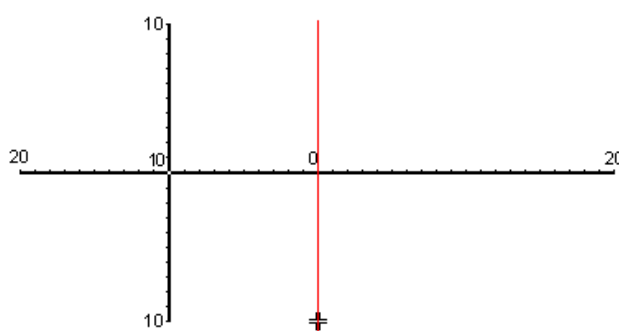
$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}}. \quad (4)$$

Związek ten pozwala na wyznaczenie współczynnika załamania materiału pryzmatu, względem środowiska w którym pryzmat się znajduje.

Budowa goniometru

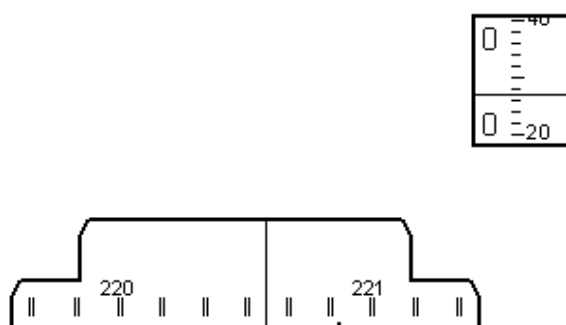
Precyzyjne pomiary kąta wykonujemy przy pomocy goniometru kołowego. Centralną część goniometru stanowi stolik z podziałką kątową i regulowaną wysokością. Lampą sodową zasilaną napięciem sieciowym za pośrednictwem zasilacza, oświetlamy regulowaną szczelinę kolimatora. Kolimator przy pomocy precyzyjnych śrub naprowadzających może być ustawiony osiowo w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Promienie świetlne z kolimatora kierowane są w stronę lunety również regulowanej w płaszczyźnie pionowej i poziomej. Luneta może być obracana wokół podstawy goniometru. Z lunetą sprzężony jest mikroskop, przy pomocy którego obserwujemy skalę z podziałką w stopniach i dziesiątkach minut oraz skalę noniusza, którą przesuwamy przy pomocy pokrętła umieszczonego z prawej strony okularu mikroskopu.

Zasada odczytu kąta



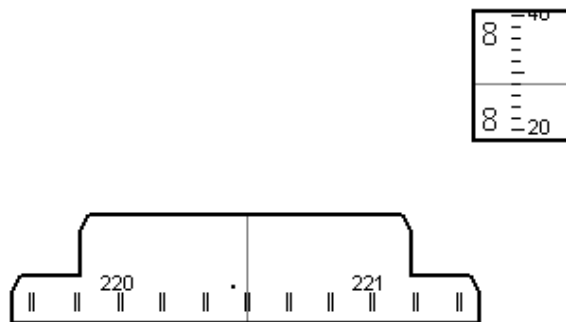
Rys. 3

W polu widzenia lunety obserwujemy pierwszą ćwiartkę układu współrzędnych z osią 0Y przesuniętą o 10 jednostek w lewo. Pod zerem skali układu współrzędnych znajduje się krzyżyk o podwójnych ramionach. Przed odczytem kąta należy tak ustawić lunetę, aby obraz szczeliny przechodził przez zero układu współrzędnych i środek podwójnego krzyżyka (patrz rysunek 3). Wartość kąta odczytujemy na skali głównej widzianej w okularze mikroskopu.



Rys. 4

Aby wskaźnik skali głównej pokrył się z kreską tej skali należy przesunąć go obracając pokrętłem umieszczonym z prawej strony okularu mikroskopu. Po przesunięciu obraz skali będzie taki jak na rysunku 5.



Rys. 5

Zmieni się również obraz skali noniusza w okienku pionowym z prawej strony pola widzenia okularu mikroskopu.

Odczytana wartość kąta wynosi $220^{\circ}38'28''$. Najmniejszy odstęp między kreskami skali głównej wynosi $10'$ kreskami skali noniusza $2''$, przy czym cyfry lewej strony oznaczają minuty ($8'$) a cyfry prawej strony sekundy ($20''$). Odczyt jest sumą odczytu ze skali głównej $220^{\circ}30'$ i skali noniusza $8'28''$, czyli $220^{\circ}30' + 8'28'' = 220^{\circ}38'28''$.

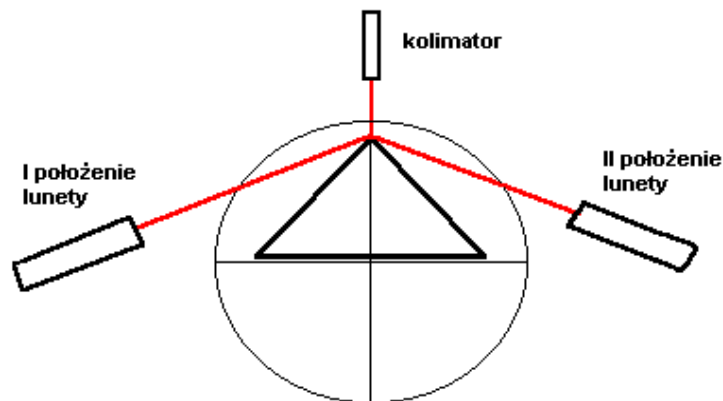
3. Przebieg pomiarów

A. Pomiar kąta łamiącego pryzmatu

1. Oświetlamy szczelinę kolimatora światłem sodowym.
2. Ustawiamy osiowo kolimator ze szczeliną i lunetą.
3. Lunetę ustawiamy tak, aby obraz szczeliny kolimatora w polu widzenia lunety przechodził przez 0 układu współrzędnych i środek podwójnego krzyża.
4. Wartość kąta obserwowanego w polu widzenia mikroskopu powinna wynosić $180^{\circ}00'00''$.

UWAGA! W przypadku trudności w uzyskaniu stanu przyrządu opisanego w pkt. 3) i 4) należy zwrócić się do prowadzącego ćwiczenia o skalibrowanie przyrządu.

5. Na środku stolika ustawiamy pryzmat tak, aby linia wykreślona wzdłuż osi stolika stała się dwusieczną kąta łamiącego.



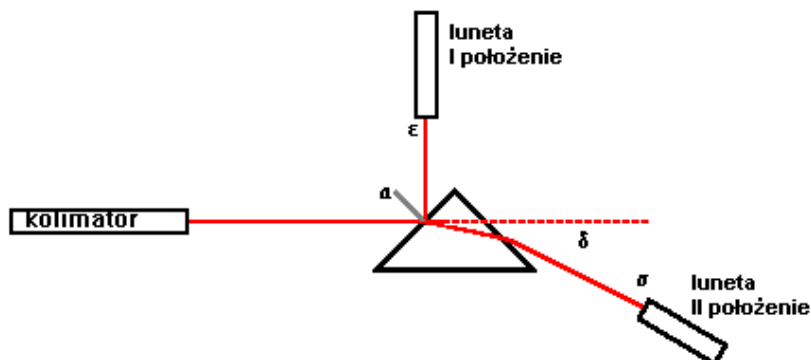
Rys. 6

- Wiązka promieni wybiegająca z kolimatora odbija się tak, jak pokazano na rysunku 6.
6. Lunetę ustawiamy w położeniu I tak, aby obraz szczeliny kolimatora znalazł się w położeniu przedstawionym na Rys.6. Odczytujemy wartość kąta ϵ_1 .
 7. Lunetę ustawimy w położeniu II i dokonujemy odczytu kąta ϵ_2 jak w punkcie 6.
 8. Powtarzamy pomiary z punktu 6 i 7 trzykrotnie. Wyniki notujemy.

L.p	ϵ_1	ϵ_2
1		
2		
3		
śr.		

B. Badanie zależności kąta odchylenia promienia w pryzmacie od kąta padania

1. Wykonujemy kolejno czynności jak w punktach 1A, 2A, 3A i 4A.
2. Pryzmat umieszczamy na stoliku goniometru tak, aby uzyskać możliwie najmniejszy kąt padania (jego wielkość ograniczona jest możliwością odczytu ze skali przy maksymalnym skręceniu lunety w lewo), (patrz rys. 7).



Rys. 7

3. Lunetę ustawiamy w położeniu I i odczytujemy na skali goniometru kąt ε .
4. Obracamy lunetę w prawo do położenia II i na skali goniometru odczytujemy kąt σ .
6. Powtarzamy pomiary zwiększając kąt padania α o 1° przez obrót stolika. Lunetę ustawiamy w położenie I przesunięte względem poprzedniego o $\Delta\varepsilon = 2^\circ$. Wyniki notujemy

L.p.	ε	α	σ
0	
1		$\alpha+1^\circ$	
2		$\alpha+2^\circ$	
3		$\alpha+3^\circ$	
4		$\alpha+4^\circ$	
5		$\alpha+5^\circ$	
6		$\alpha+6^\circ$	
7		$\alpha+7^\circ$	
8		$\alpha+8^\circ$	
9		$\alpha+9^\circ$	
10		$\alpha+10^\circ$	
11		$\alpha+11^\circ$	
12		$\alpha+12^\circ$	
13		$\alpha+13^\circ$	
14		$\alpha+14^\circ$	
15		$\alpha+15^\circ$	

C. Wyznaczanie współczynnika załamania materiału pryzmatu

1. Korzystamy z pomiarów z A.
2. Poszukujemy minimalnego kąta odchylenia zgodnie z zaleceniami części B.

4. Opracowanie wyników

A.

1. Obliczamy wartość kąta łamiącego ze wzoru:

$$\varphi = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2}.$$

2. Obliczamy średnią wartość kąta łamiącego.
3. Powtarzamy pomiary dla trzech różnych pryzmatów.
4. Przeprowadzamy dyskusję wyników i błędów.

B.

1. Obliczamy kąt padania

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{2}.$$

2. Obliczamy kąt odchylenia δ z zależności
$$\delta = \sigma - 180^\circ 00' 00''$$
3. Sporządzamy wykres $\delta = f(\alpha)$.
4. Z wykresu wyznaczamy δ_{\min} .
5. Przeprowadzamy analizę wyników i dyskusję błędów.

C.

1. Obliczamy współczynnik załamania ze wzoru (4).
2. Wykonujemy rachunek błędów i dyskusję wyników.

5. Literatura

1. J.R. Meyer - Arendt - Wstęp do optyki.
2. S. Szczeniowski - Fizyka doświadczalna, t.IV, Optyka.
3. A. Zawadzki, H. Hofmohl - Laboratorium fizyczne.
4. T. Dryński - Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.
5. A. Daniluk - Instrukcje ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki