



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

PRACOWNIA FIZYCZNA 1

Instytut Fizyki  
Centrum Naukowo Dydaktyczne



## P1-O1. Wyznaczanie współczynnika załamania światła metodą pryzmatu

### Zagadnienia

Zjawisko załamania światła. Prawo załamania światła. Względny i bezwzględny współczynnik załamania światła. Współczynnik załamania światła dla szkła, wody, diamentu. Pryzmat. Kąt łamiący pryzmatu. Bieg promienia w pryzmacie. Kąt minimalnego odchylenia pryzmatu.

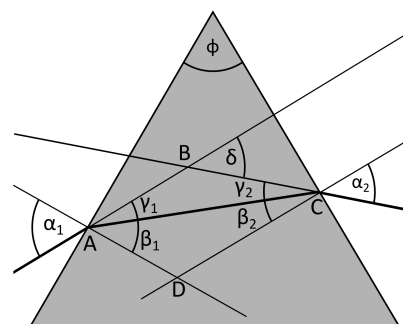
### 1 Wprowadzenie

Na granicy ośrodków o różnej gęstości w związku ze zmianą prędkości światło ulega załamaniu. Prawo załamania ma postać

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = n_{12},$$

gdzie  $n_{12}$  jest współczynnikiem załamania światła ośrodka 1 względem ośrodka 2,  $v_1$  i  $v_2$  są prędkościami światła w ośrodkach 1 i 2.

Pryzmat to przezroczysta bryła, której płaszczyzny przecinają się pod kątem łamiącym  $\phi$ , tworząc krawędź łamiącą. Przechodząc przez pryzmat, światło załamuje się dwukrotnie. Promień padający na ścianę pryzmatu pod kątem  $\alpha_1$  załamuje się pod kątem  $\beta_1$  do normalnej. Promień załamany propaguje się przez materiał pryzmatu, pada na ściankę pod kątem  $\beta_2$ , załamuje się i wychodzi z pryzmatu pod kątem  $\alpha_2$  do normalnej. Kąt, między kierunkiem promienia padającego i kierunkiem promienia odchylonego, oznaczony na rysunku jako  $\delta$ , nazywa się *kątem odchylenia* pryzmatu. Zależy on przede wszystkim od współczynnika załamania materiału z którego wykonany jest pryzmat, ale również od kąta padania  $\alpha_1$ . Kąt odchylenia o najmniejszej możliwej wartości nazywa się *kątem minimalnego odchylenia*.



Bieg promienia w pryzmacie

Z obliczeń geometrycznych wynika zależność współczynnika załamania światła dla materiału, z którego wykonany jest pryzmat, a jego kątem łamiącym  $\phi$  i kątem minimalnego odchylenia  $\delta$ , jest następująca

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\phi + \delta)}{\sin \frac{1}{2}\phi}. \quad (1)$$

Zatem, aby wyznaczyć współczynnik załamania światła dla materiału, z którego wykonany jest pryzmat, należy wyznaczyć (a) kąt łamiący pryzmatu i (b) jego kąt minimalnego odchylenia  $\delta$ .

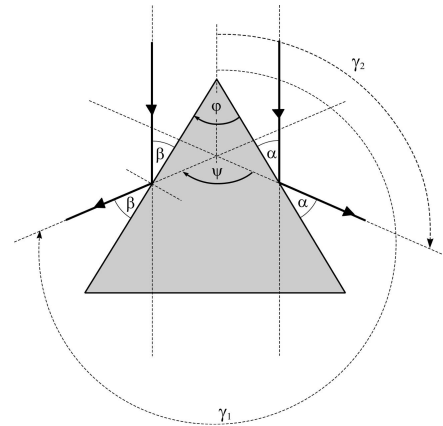
### 2 Układ pomiarowy

Układ pomiarowy składa się ze stolika goniometrycznego i oświetlacza. Źródłem światła monochromatycznego jest lampa sodowa. Stolik umożliwia pomiar kątów między promieniem padającym z kolimatora, a promieniem odbitym od pryzmatu, lub odchylonym po przejściu przez pryzmat. Najmniejsza podziałka stolika wynosi 20'.

### 3 Pomiary

#### Pomiar kąta łamiącego $\varphi$

1. Ustawić urządzenie tak, by w lunetce widać było wąską i wyraźną wiązkę światła padającego ze szczeliny kolimatora. Wiązka powinna być pionowa, krzyż pajęczyny lunetki powinien pokrywać się z osią wiązki.
2. Zmierzyć szerokość kątową wiązki, trafiającej do lunetki, ustawiając linię krzyża pajęczego lunetki najpierw na prawej, a potem na lewej krawędzi wiązki.
3. Badany pryzmat ustawić na stoliku tak, aby promień padał na jedną z jego dwóch płaszczyzn, tworzących kąt łamiący, i był równoległy do dwusiecznej kąta łamiącego.
4. Ustawić lunetkę tak, by promień odbity pokrywał się z linią krzyża pajęczego. Ze skali kątowej stolika odczytać położenie lunetki  $\gamma_1$ . Przesunąć pryzmat równoległe, by wiązka padająca odbiła się od drugiej płaszczyzny pryzmatu. Odczytać położenie lunetki  $\gamma_2$ .



Pomiar kąta łamiącego

↷ W przypadku pryzmatu szklanego, którego krawędź łamiąca jest węższa niż wiązka, wystarczy postawić pryzmat kątem łamiącym na wprost wiązki i nie ruszając pryzmatu mierzyć kąty  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$ . Przed następnym pomiarem, pryzmat należy ustawić na nowo.

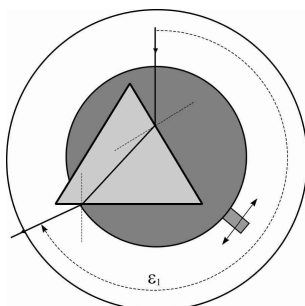
szerokość wiązki			
podziałka stolika			
Lp.	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\varphi = \frac{1}{2}(\gamma_1 - \gamma_2)$
1.			

5. Pomiary powtórzyć dziesięciokrotnie, za każdym razem na nowo ustawiając pryzmat.
6. Pomiary wykonać dla wszystkich pryzmatów znajdujących się w zestawie.

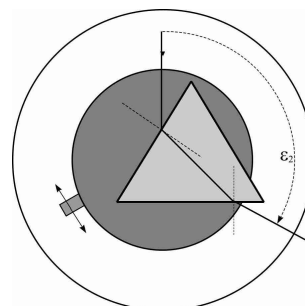
#### Pomiar kąta minimalnego odchylenia $\delta$

1. Pryzmat ustawić na stoliku obrotowym tak, aby jego kąt łamiący znalazł się po prawej stronie osi kolimatora (rys. 1) i aby promień padający uległ odchyleniu w lewą stronę.

↷ Uchwyt, służący do obracania stolika, powinien mieć w przybliżeniu kierunek dwusiecznej kąta łamiącego.



Rys. 1. Pomiar kąta  $\varepsilon_1$



Rys. 2. Pomiar kąta  $\varepsilon_2$

2. Znaleźć obraz wiązki w lunecie, a następnie obracając stolikiem w jedną stronę, znaleźć zwrotne położenie wiązki, odpowiadające minimalnemu odchyleniu promienia przechodzącego przez pryzmat. Odczytać pozycję lunetki  $\varepsilon_1$  dla tego położenia.
3. Pryzmat ustawić na stoliku spektrometru tak, aby jego kąt łamiący znalazł się po lewej stronie osi kolimatora (rys. 2) i aby promienie na niego padające uległy odchyleniu w prawo.
4. Znaleźć zwrotne położenie wiązki, odpowiadające minimalnemu odchyleniu promienia przechodzącego przez pryzmat i odczytać jego położenie  $\varepsilon_2$ .
5. Pomiar powtórzyć pięciokrotnie.

Lp.	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\delta = \frac{1}{2}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$
1.			

#### 4 Opracowanie wyników pomiarów

Dla każdego z pryzmatów:

1. Obliczyć wartość kąta łamiącego:

- (a) Obliczyć kąt łamiący dla każdej pary  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$

$$\varphi = \frac{1}{2}(\gamma_1 - \gamma_2)$$

- (b) Obliczyć wartość średnią kąta łamiącego pryzmatu  $\bar{\varphi}$  i odchylenie standardowe wartości średniej. Obliczyć niepewność statystyczną serii pomiarowej dla pomiaru kąta łamiącego  $u_a(\bar{\varphi})$ , uwzględniając współczynnik Studenta - Fishera.
- (c) Obliczyć niepewność pomiarową kąta łamiącego  $u_b(\varphi)$ , uwzględniając podziałkę stolika i szerokość wiązki.
- (d) Obliczyć wartość niepewności całkowitej wyznaczenia wartości kąta łamiącego i zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie.

2. Obliczyć wartość kąta minimalnego odchylenia:

- (a) Obliczyć kąt minimalnego odchylenia dla każdej pary  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_2$ .
- (b) Obliczyć wartość średnią kąta minimalnego odchylenia  $\bar{\delta}$  i odchylenie standardowe wartości średniej. Obliczyć niepewność statystyczną serii pomiarowej dla pomiaru kąta minimalnego odchylenia  $u_a(\bar{\delta})$ , uwzględniając współczynnik Studenta - Fishera.
- (c) Obliczyć niepewność pomiarową kąta minimalnego odchylenia  $u_b(\delta)$ , uwzględniając podziałkę stolika i szerokość wiązki.
- (d) Obliczyć wartość niepewności całkowitej wyznaczenia wartości kąta minimalnego odchylenia i zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie.

3. Obliczyć wartość współczynnika załamania

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2}(\varphi + \delta)}{\sin \frac{1}{2}\varphi}.$$

4. Korzystając z prawa propagacji niepewności obliczyć niepewność współczynnika załamania dla danego pryzmatu i zapisać wynik wraz z niepewnością w poprawnym formacie.
5. Skomentować zgodność otrzymanych wyników z danymi tablicowymi.