

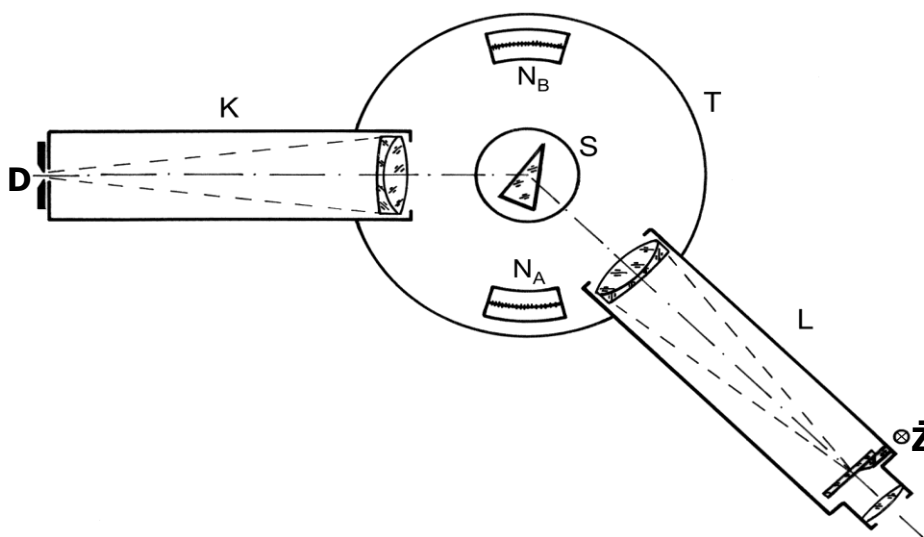
Ćwiczenie nr 10

Pomiary kątów pryzmatu i wyznaczanie współczynnika załamania szkła za pomocą goniometru

Wstęp teoretyczny:

10.1. Zasada działania goniometru i jego budowa

Goniometr jest jednym z najbardziej precyzyjnych instrumentów optycznych używanych w laboratoriach pomiarowych. Służy on do pomiaru kątów dwuściennych pryzmatów i klinów optycznych, do pomiarów kątowych odległości linii widmowych, kątów promieni ugiętych na siatce dyfrakcyjnej lub pryzmacie rozszczepiającym, oraz do kontroli kręgów podziałowych, podzielnic itp. W zależności od przeznaczenia przyrządy te mogą różnić się konstrukcją i dokładnością pomiarową.

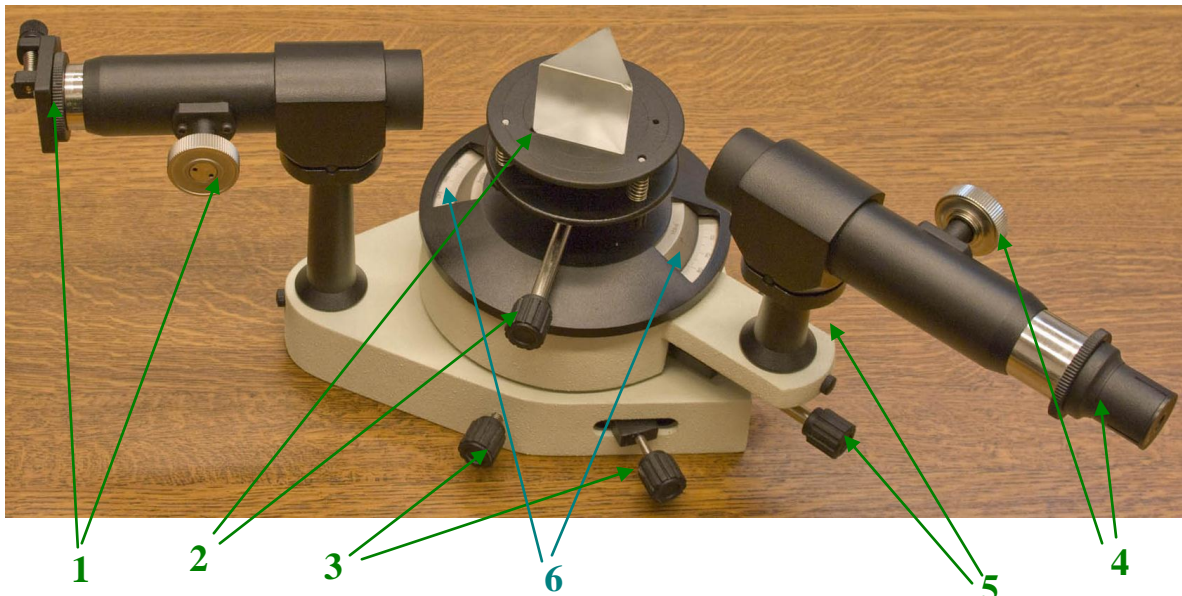


Rys. 10.1. Schematyczna budowa goniometru przeznaczonego do pomiarów laboratoryjnych.

Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie budowę prostego goniometru laboratoryjnego. Na obwodzie kręgu podziałowego **T** jest naniesiona podziałka kątowa. Odczytu dokonuje się z dwóch noniuszów **N_A** i **N_B**, umieszczonych na przeciwległych końcach średnicy kręgu podziałowego. W środku kręgu umieszczony jest stolik obrotowy **S**. Na stoliku goniometru kładzie się mierzony przedmiot. Oś obrotu stolika powinna pokrywać się z osią obrotu kręgu.

Nad kręgiem podziałowym jest umieszczona luneta **L** i kolimator **K** w taki sposób, że ich osie optyczne przechodzą ponad stolikiem. Kolimator i luneta mają obiektywy o jednakowej ogniskowej. W płaszczyźnie ogniskowej obiektywu kolimatora znajduje się szczelina **D** (ew. krzyż), której szerokość można regulować za pomocą śruby mikrometrycznej. Obraz szczeliny, oświetlonej odpowiednim źródłem światła **Ź**, utworzony przez obiektyw kolimatora leży w nieskończoności. Kolimator goniometru jest najczęściej nieruchomy, zaś lunetę można obracać w płaszczyźnie poziomej dokoła osi obrotu kręgu podziałowego.

Jeśli na stoliku goniometru położymy pryzmat rozszczepiający lub siatkę dyfrakcyjną, i jeżeli źródło światła oświetlające szczelinę kolimatora nie jest monochromatyczne (np. światło białe lub światło z lampy spektralnej), to w płaszczyźnie ogniskowej, ustawionej pod odpowiednim kątem lunety utworzą się barwne obrazy szczeliny kolimatora (widmo ciągłe lub liniowe). W płaszczyźnie ogniskowej obiektywu lunety znajduje się płytka ogniskowa z podziałką i znacznikiem, umożliwiającym wycelowanie lunety na określony obraz szczeliny (linię). W ten sposób możliwy jest pomiar kąta odchylenia biegu promieni po przejściu przez pryzmat lub siatkę dyfrakcyjną oraz pomiar współczynnika załamania pryzmatu. W podobny sposób, wykorzystując światło odbite od dwóch powierzchni pryzmatu, można zmierzyć kąt dwuścienny.



1 – Kolimator ze szczeliną o regulowanej szerokości i regulacja ostrości, 2 – Płytkę stolika pomiarowego i blokada płytki stolika, 3 – Blokada stolika pomiarowego i śruba mikroprzesuwu stolika, 4 – luneta i regulacja ostrości, 5 – Blokada lunety i śruba mikroprzesuwu lunety, 6 – Podziałki A i B.

Rys. 10.2. Goniometr używany w laboratorium.

Przebieg pomiarów:

10.2. Pomiar kąta łamiącego pryzmatu

10.2.1. Za pomocą lunety i kolimatora (rys. 10.3)

1. Lunetę i kolimator należy ustawić pod możliwie ostrym kątem.
2. Na stoliku pomiarowym umieścić badany pryzmat. Obracać stolikiem pomiarowym (łącznie z kołem podziałowym) tak, aby uzyskać takie położenie, przy którym po odbiciu wiązki wychodzącej z kolimatora od powierzchni pryzmatu obraz szczeliny pokrywa się z środkiem krzyża lunety. Zanotować odczyty a_I i b_I . Następnie obrócić stolik pomiarowy, tak aby oświetlona została druga powierzchnia pryzmatu. Ponownie zanotować wskazania (a_{II} , b_{II}), przy którym po odbiciu wiązki wychodzącej z kolimatora od powierzchni pryzmatu obraz szczeliny pokrywa się z środkiem krzyża lunety. Wskazania odczytywać z podziałek **A** i **B**, a następnie obliczyć różnicę obu odczytów (indeksy **I** i **II** odnoszą się do odpowiednich powierzchni pryzmatu):

$$a = a_I - a_{II}$$

$$b = b_I - b_{II}$$

3. Obliczyć kąt łamiący pryzmatu ze wzoru:

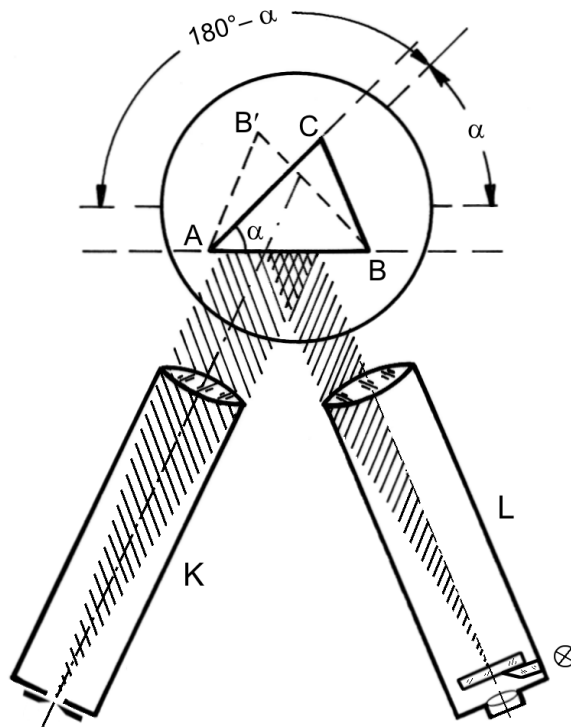
$$\alpha = 180^\circ - d$$

gdzie:

$$d = (a + b)/2$$

4. Nie zmieniając położenia pryzmatu powtórzyć pomiary kątów a i b 10 razy.

Uwaga: Obliczając kąt należy zwrócić uwagę, czy podczas obrotu nie przekracza się działki oznaczonej 0° . Gdy to ma miejsce do takiego odczytu należy dodać 360° . Warunek ten dotyczy wszystkich następnych opisanych metod.



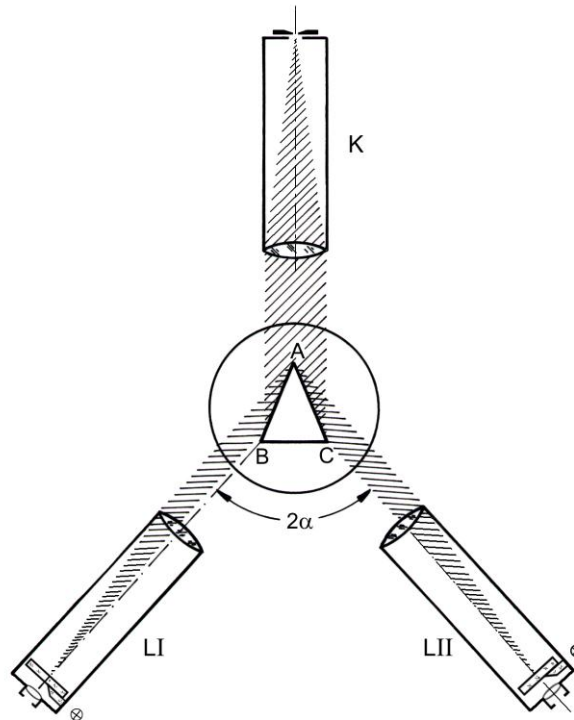
Rys. 10.3. Pomiar za pomocą lunety i kolimatora.

10.2.2. Pomiar z wykorzystaniem rozdwojenia wiązki (rys. 10.4)

1. Na stoliku pomiarowym położyć pryzmat tak, aby dwusieczna mierzonego kąta α była w przybliżeniu równoległa do osi kolimatora.
2. Lunetę skierować na jedną ze ścian pryzmatu i znaleźć ostry obraz szczeliny kolimatora. Ustawić krzyż tak, aby pokrywał się dokładnie ze szczeliną kolimatora.
3. Dokonać odczytu położenia lunety a_I i b_I .
4. Obrócić lunetę tak, aby znaleźć obraz szczeliny kolimatora po odbiciu od drugiej ściany pryzmatu. Dokonać odczytu położenia lunety a_{II} i b_{II} .
5. Obliczyć kąt łamiący pryzmatu ze wzoru:

$$\alpha = d/2$$

6. Nie zmieniając położenia pryzmatu powtórzyć pomiary kątów a i b 10 razy.

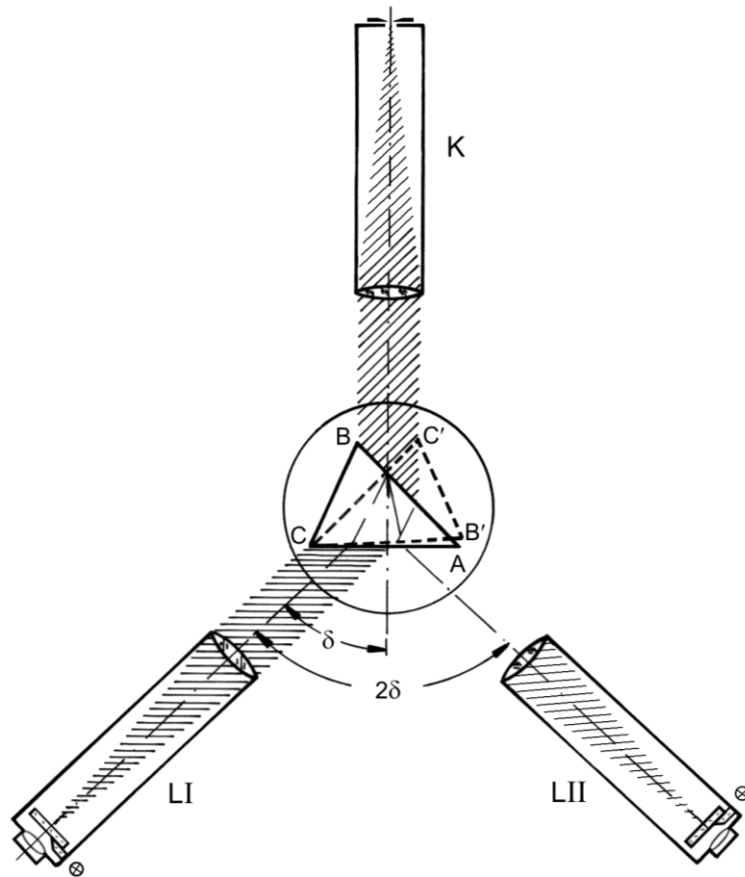


Rys. 10.4. Pomiar z wykorzystaniem rozdwojenia wiązki.

10.3. Pomiar kąta najmniejszego odchylenia δ i określenie współczynnika załamania n

10.3.1. Metoda Fraunchofera (rys. 10.5)

1. Oświetlić szczelinę kolimatora lampą spektralną (Hg lub He).
2. Na stoliku pomiarowym ustawić pryzmat jak na rys. 10.5.
3. Obracając lunetę znaleźć liniowy obraz widma.
4. Obracając stolik pomiarowy (łącznie z kołem podziałowym) z pryzmatem znaleźć takie miejsce, w którym obraz widma przesuwają się tylko do pewnego miejsca, a następnie zwracają pomimo dalszego obracania pryzmatem w tym samym kierunku.
5. Lunetę ustawić na wybraną linię widma. Ustawić krzyż tak, aby pokrywał się dokładnie ze szczeliną kolimatora.
6. Dokonać odczytu położenia lunety a_I i b_I . Czynności powtórzyć dla wszystkich widocznych linii widma.



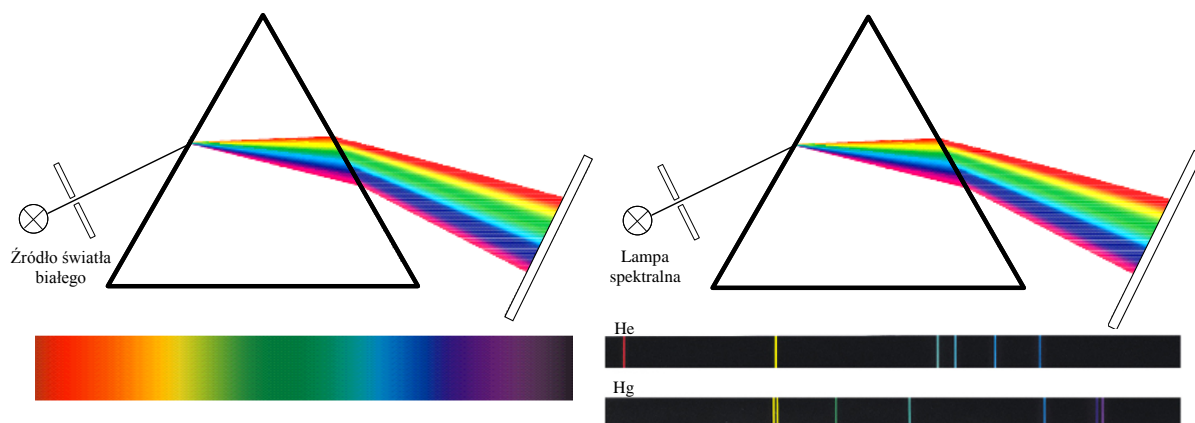
Rys. 10.5. Pomiar kąta najmniejszego odchylenia.

7. Obrócić podstawkę stolika z pryzmatem (**odblokowując pokrętko nr 2**) o około 180° oświetlając drugą powierzchnię pryzmatu i powtórzyć czynności 3-5.
8. Dokonać odczytu położenia lunety a_{II} i b_{II} . Czynności powtórzyć dla wszystkich widocznych linii widma.
9. Pomiary kątów a i b należy powtórzyć 10 razy.
10. Obliczyć kąt najmniejszego odchylenia dla wszystkich linii widmowych ze wzoru:

$$\delta_{min} = d/2$$
11. Współczynnik załamania szkła n_λ , z którego wykonany jest pryzmat dla użytej długości fali światła możemy obliczyć ze wzoru:

$$n_\lambda = \frac{\sin \frac{\alpha + \delta_{min}}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Uwaga: Zależnie od użytego źródła światła oświetlającego szczelinę kolimatora otrzymuje się w obrazie różne widma liniowe. Identyfikację stosowanych do pomiaru linii przeprowadza się w oparciu o załączoną do źródła światła tabelę widma (Tab. 10.1).



Rys. 10.6. Rozszczepienie światła białego i emitowanego z lampy spektralnej przez pryzmat.

Tabela. 10.1. Długości fal linii widmowych helu i rtęci.

| Pierwiastek | Długość fali λ [nm] | Barwa linii | Intensywność |
|-------------|--------------------------------|-------------------|--------------|
| Hel | 438.79 | fioletowa | bardzo słaba |
| | 447.15 | fioletowa | średnia |
| | 471.31 | niebieska | słaba |
| | 492.19 | niebiesko-zielona | słaba |
| | 501.57 | zielona | silna |
| | 587.56 | żółta | bardzo silna |
| | 667.81 | czerwona | silna |
| | 706.52 | czerwona | średnia |
| Rtęć | 253.65 | ultrafiolet | bardzo silna |
| | 313.15 | ultrafiolet | słaba |
| | 366.29 | ultrafiolet | średnia |
| | 404.65 | fioletowa | bardzo słaba |
| | 407.78 | fioletowa | słaba |
| | 435.83 | niebieska | średnia |
| | 491.60 | niebiesko-zielona | średnia |
| | 546.07 | zielona | silna |
| | 576.96 | żółta | bardzo silna |
| | 579.07 | żółta | bardzo silna |
| | 623.41 | czerwona | słaba |

Opracowanie wyników:

1. Wyznaczyć niepewności pomiarów wszystkich kątów.
2. Dla średnich wartości kątów a i b wyznaczyć kąt łamiący pryzmatu α oraz porównać wyniki otrzymane różnymi metodami. Obliczyć niepewność kąta łamiącego pryzmatu.
3. Dla średnich wartości kątów a i b wyznaczyć kąt i niepewność kąta najmniejszego odchylenia δ_{min} . Wyznaczyć współczynnik załamania szkła n dla wszystkich widocznych linii (posłużyć się danymi z tabeli 10.1) oraz obliczyć niepewności.
4. Wyznaczyć przebieg dyspersji materiału pryzmatu $n(\lambda)$.
5. **Porównać otrzymane wyniki z danymi literaturowymi!!!**

LITERATURA

- [1] F. Ratajczyk; „Instrumenty optyczne”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
 [2] Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki: Część IV – Optyka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1997.
 [3] T. Hanc „Pomiary optyczne” PWT 1959.