

## O 1.1. Wyznaczanie współczynnika załamania światła z pomiarów kąta załamania i kąta granicznego

### INSTRUKCJA WYKONANIA ZADANIA

#### Obowiązujące zagadnienia teoretyczne:

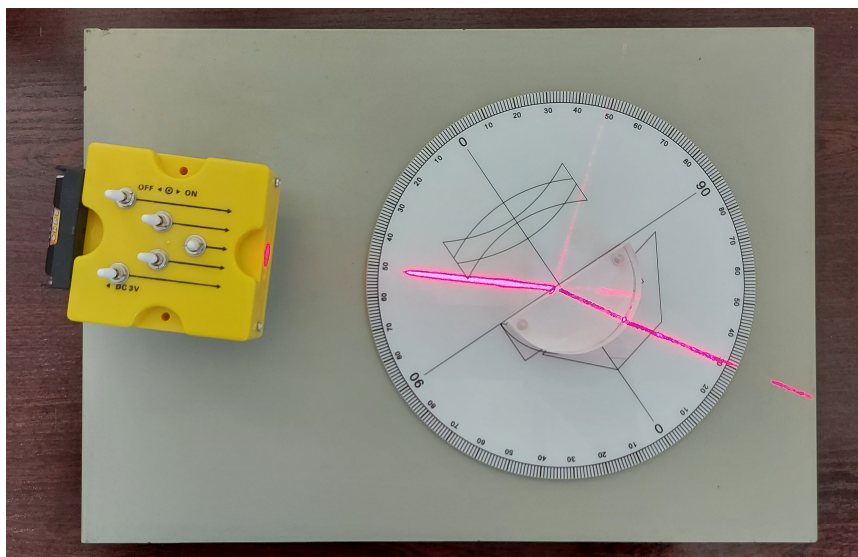
1. Falowe własności światła
2. Przechodzenie światła przez granicę ośrodków
3. Prawo odbicia i załamania światła, współczynnik załamania światła.
4. Zasada Fermata. Droga optyczna a droga geometryczna.
5. Całkowite odbicie wewnętrzne, kąt graniczny
6. Zjawisko dyspersji, rozszczepienie światła białego
7. Soczewki i układ soczewek, powstawanie obrazów w soczewkach
8. Przechodzenie światła przez bryły przezroczyste - płytką płasko-równoległą, pryzmat

#### Literatura:

1. Skrypt PL: *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Optyka*, J. Kowalik, M. Wiertel, R. Żołnierczuk, red. E. Śpiewła, Wydawnictwa Uczelniane PL, Lublin 1995.
2. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2015, tom IV.
3. Cz. Bobrowski, *Fizyka -krótka kurs*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2016.

#### Zestaw do wykonania ćwiczenia zawiera:

- Obrotową tarczę Kolbego z naniesioną skalą kątową, umieszczoną na metalowej podstawie
- Laserowe źródło światła czerwonego z możliwością jednoczesnej emisji 5 promieni
- Zestaw przezroczystych brył



Rys.1 Zestaw do pomiarów i obserwacji z optyki geometrycznej

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika załamania dla brył przezroczystych, oraz obserwacja biegu promieni świetlnych w różnych bryłach

### **Wykonanie zadania:**

#### **UWAGA**

- Lasery mają zasilanie bateryjne, więc zawsze gdy nie są wykonywane pomiary lub obserwacje należy je wyłączyć
- W zespołach 2-osobowych osoby badają różne półwalce z zestawu.

#### **a) Wyznaczanie współczynnika załamania światła z pomiarów kąta padania i kąta załamania**

1. Ustawić przezroczystą bryłę w kształcie półwalca na obrotowej tarczy dokładnie w zaznaczonym miejscu. Płaska ściana półwalca powinna pokrywać się ze średnicą tarczy.
2. Na źródle światła włączyć tylko jeden promień i źródło ustawić na metalowej podstawie tak, aby światło padało na płaską ścianę półwalca dokładnie w jej środku (a więc i w środku tarczy). Promień załamany pobiegnie radialnie przez półwalec i tarczę do jej skraju.
3. Zmierzyć kąt padania i kąt załamania dla kilkunastu wartości kąta padania (np. od 10° do 80° co 5 stopni). Wyniki zanotować w tabeli.

Nr próbki	L.p	Kąt padania $\alpha$ [°]	Kąt załamania $\beta$ [°]	Współczynnik załamania $n$	$n_{\text{sr}}$
	1				
	2				
	...				

4. Współczynnik załamania obliczyć ze wzoru

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

5. Jeśli jedna lub dwie wartości współczynnika załamania znacznie odbiegają od pozostałych, wówczas pomiary te należy uznać za obciążone błędem grubym i nie uwzględniać ich przy obliczaniu wartości średniej .
6. Niepewność wyznaczenia współczynnika załamania  $n$  należy wyznaczyć metodą różniczkową dla pomiaru, którego  $n$  zbliżony jest do wartości średniej (w obliczeniach  $\Delta\alpha$  i  $\Delta\beta$  należy wyrazić w radianach), lub wyznaczyć niepewność standardową przyjmując, że  $n$  jest wielkością o rozkładzie normalnym

#### **b) Wyznaczanie współczynnika załamania światła z pomiarów kąta granicznego**

7. Obrócić tarczę tak, by promień padał na półwalec od strony wypukłej.
8. Wyznaczyć i zapisać kąt graniczny  $\gamma$ . Pomiar powtórzyć 3-krotnie
9. Obliczyć współczynnik załamania materiału półwalca ze wzoru:

$$n = \frac{1}{\sin \gamma}$$

10. Niepewność wyznaczenia współczynnika załamania  $n$  należy wyznaczyć metodą różniczkową (w obliczeniach  $\Delta\gamma$  należy wyrazić w radianach)

### c) Wyznaczanie ogniskowej i zdolności skupiającej soczewki z pomiarów odległości ogniska od środka soczewki

11. Ustawić soczewkę skupiającą na białej kartce. Narysować obwiednię soczewki (w celu późniejszego wyznaczenia środka soczewki)
12. Na źródle światła włączyć wszystkie 5 promieni i ustawić go tak, by promień środkowy pokrywał się z główną osią optyczną soczewki. Wszystkie promienie światła po przejściu przez soczewkę powinny przechodzić przez jeden punkt (ognisko soczewki).
13. Zaznaczyć na kartce ognisko soczewki, a następnie środek soczewki.
14. Zmierzyć linijką odległość środka soczewki od ogniska (ogniskowa  $f$ ). Określić niepewność wyznaczenia tej odległości ( $\Delta f$ ).
15. Obliczyć zdolność skupiającą soczewki

$$Z[\text{dioptria}] = \frac{1}{f[m]}$$

16. Niepewność zdolności skupiającej wyznaczyć metodą różniczkową  
W zadaniu tym można zaobserwować zjawisko aberracji sferycznej - promienie przyosiowe skupiane są nieco dalej niż promienie odosiowe
17. Zaobserwować bieg promieni przez soczewkę dwuwklęsłą - jest to soczewka rozpraszająca, promienie są rozbieżne
18. Zbudować układ przylegających do siebie soczewek (skupiająca + rozpraszająca). Wówczas zachodzi związek

$$Z_{ukł} = Z_{skup} + Z_{rozpr}$$

19. Przepuścić 5 promieni światła tak, by promień środkowy pokrywał się z główną osią optyczną soczewki. Jak biegną promienie? Ile wynosi ogniskowa układu, oraz zdolność skupiająca układu?
20. Wyznacz zdolność skupiającą soczewki rozpraszającej

### d) Obserwacja biegu promieni świetlnych przez płytkę płasko-równoległą

21. Ustawić płytkę płasko-równoległą na obrotowej tarczy i oświetlić ją jednym promieniem świetlnym.
22. Jak biegnie promień po wyjściu z płytki.?
23. Zmieniaj kąt padania promienia na płytkę. Jak zmienia się bieg promienia wychodzącego z płytki?  
Zgodnie z teorią przesunięcie biegu promienia wyraża się wzorem:

$$\Delta = d \sin \alpha \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right)$$

gdzie:  $d$  - grubość płytki

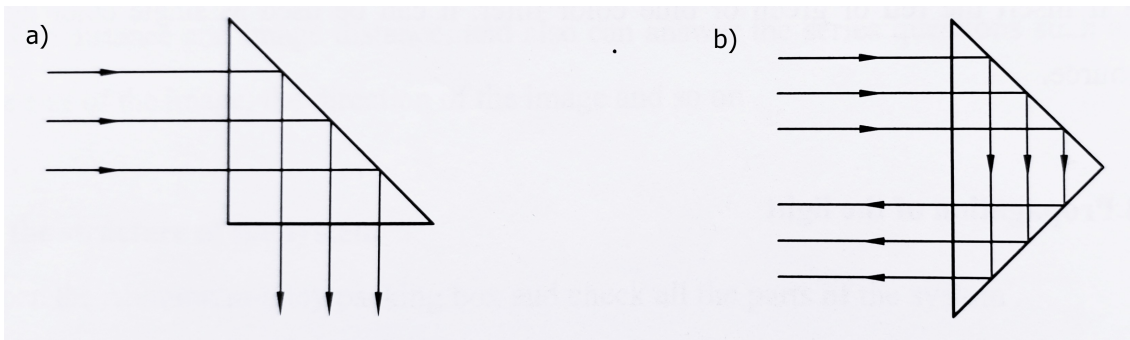
$\alpha$  - kąt padania

$n$  - współczynnik załamania

### e) Obserwacja biegu promieni świetlnych przez pryzmat prostokątny

Dla pryzmatu o kątach  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $45^\circ$  i odpowiednim współczynniku załamania (jak w zestawie) można zaobserwować całkowite odbicie wewnętrzne. W pierwszym przypadku (rys. 2a) po odbiciu następuje zmiana kierunku o  $90^\circ$  i w obrazie następuje zamiana strony lewej na prawą.

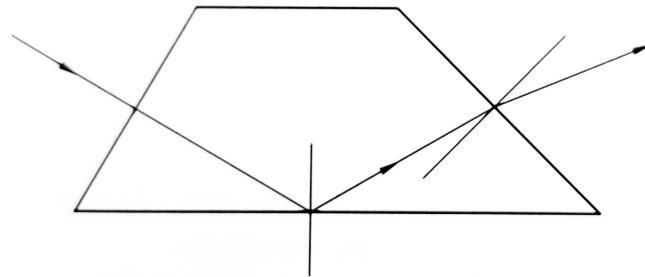
W drugim przypadku (rys 2b) promienie ulegają dwukrotnemu odbiciu wewnętrznemu i powracają w kierunku źródła światła. Jest to model szkła odbłaskowego.



Rys. 2 Bieg promieni świetlnych przez pryzmat prostokątny

### f) Obserwacja biegu promieni świetlnych przez pryzmat trapezoidalny

Należy prześledzić bieg promieni padających na różne ściany pod różnymi kątami. Szczególną uwagę zwrócić na sytuacje gdy występuje całkowite odbicie wewnętrzne (np. rys.3)



Rys. 3 Bieg promieni świetlnych przez pryzmat trapezoidalny - przykład

Autor instrukcji:

Andrzej Dudziak