

V4 – wyznaczenie współczynnika załamania cieczy

I Pracownia Fizyczna, WFAIS UJ

1 CEL ĆWICZENIA

Przy użyciu samodzielnie skonstruowanego układu optycznego wyznacz współczynnik załamania wybranej cieczy.

2 PODSTAWOWE WIADOMOŚCI

Soczewka kulista (*ball lens*) to najprostszy w opisie przykład soczewki grubej. Takiej soczewki używał np. Leeuwenhoek w swoim rewolucyjnym (na tamte czasy) mikroskopie [1]. Współcześnie soczewki kuliste używane są np. w optyce światłowodowej [2].

Dla soczewek grubych równanie szlifierzy ma postać [3]:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{d(n - 1)}{nR_1R_2} \right], \quad (1)$$

gdzie f – ogniskowa, n – współczynnik załamania materiału soczewki, R_1, R_2 – promienie krzywizny soczewki, d – grubość soczewki. Dla soczewki kulistej mamy: $|R_1| = |R_2| = d/2$. Dlatego równanie (1) upraszcza się do:

$$f = \frac{nR}{2(n - 1)}. \quad (2)$$

Dla soczewki kulistej ogniskowa mierzona jest od środka soczewki. Mierząc R i wyznaczając f możemy wyznaczyć także współczynnik załamania n .

Do wyznaczenia f użyjemy równania Gaussa [4]

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}, \quad (3)$$

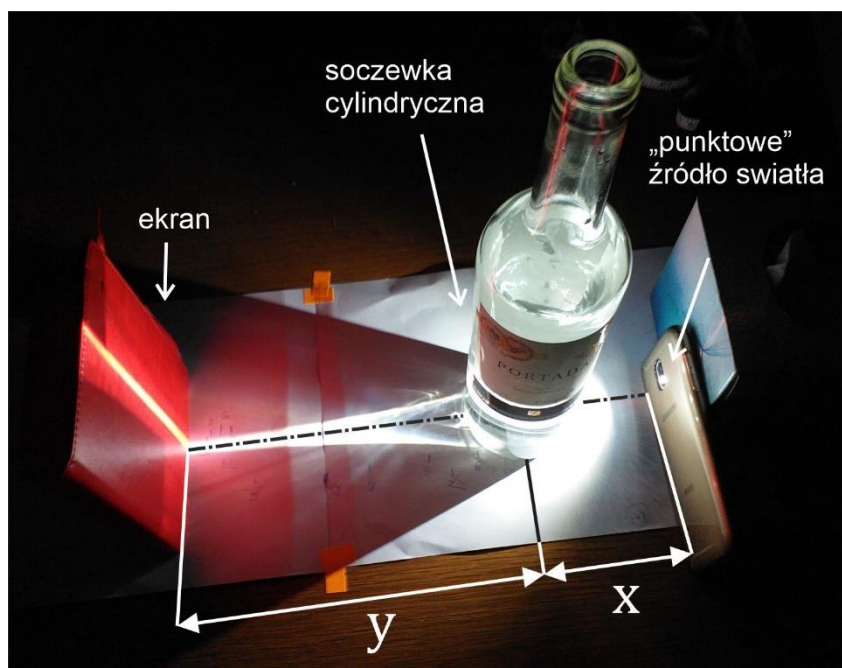
w którym x i y to odległości przedmiotu i jego obrazu od środka soczewki. Powyższe równanie jest ściśle w przybliżeniu przyosiowym.

W celu wykonania ćwiczenia znajdź naczynie, które ma kulisty kształt. Jeżeli się to nie uda (a będzie to trudne) doświadczenie można wykonać dla soczewki cylindrycznej (walcowej).

Równania pozostają te same, choć oczywiście soczewka ogniskuje tylko w jednym wymiarze.

3 MOŻLIWY PRZEBIEG ĆWICZENIA

1. Do cylindrycznego naczynia nalej cieczy (Rysunek 1). Naczyniem może być szklanka, słoik, butelka itd.
2. Przygotuj obiekt (np. latarka ze smartfona) i ekran.
3. Zmieniając odległość przedmiot-ekran znajdź położenie soczewki, dla którego na ekranie powstaje wyraźny obraz (linia). Zanotuj x oraz y .
4. Uwaga jeżeli będziesz miał/miała problemy ze znalezieniem ostrego obrazu, spróbuj zrobić przesłonę, która ogranicza refrakcję do centralnej części naczynia. Możesz np. nakleić na naczynie nieprzeźroczystą taśmę klejącą.
5. Spróbuj znaleźć kilka innych naczyń o cylindrycznym kształcie i innej średnicy i powtórz dla nich pomiary.



Rysunek 1 Przykładowy domowy układ optyczny do wyznaczenia współczynnika załamania wody. Butelka wypełniona wodą traktowana jest jako soczewka cylindryczna (jej szklane ścianki zaniedbujemy). Gdy spełnione jest równanie soczewki na ekranie powstaje wyraźny obraz (linia) „punktowego” obiektu (LED z latarki smartfona). Etykiety na butelce stanowią przesłonę ograniczającą refrakcję do promieni przyosiowych.

4 OPRACOWANIE DANYCH

Na podstawie zmierzonych odległości x , y i średnicy soczewki wyznacz jej ogniskową a następnie współczynnik załamania cieczy, która ją wypełnia. Ścianki naczynia zaniedbujemy [5]. Jeżeli udało Ci się wykonać pomiary dla naczyń o różnych średnicach (przynajmniej czterech), narysuj wykres $f(R)$ i wyznacz n metodą regresji liniowej. Jeżeli wykonałeś/wykonałaś pomiary dla 2-3 różnych naczyń to współczynnik załamania oblicz jako średnią ważoną.

5 FORMA SPRAWOZDANIA

Sprawozdanie przygotuj tylko w formie elektronicznej i wyślij do asystenta. Preferowany format to PDF.

W sprawozdaniu zamieść:

- 1) Zredukowane do absolutnego minimum „podstawy teoretyczne”, które zawierają tylko wiadomości niezbędne do analizy ćwiczenia, np. równania które bezpośrednio wykorzystujesz w analizie danych.
- 2) Zdjęcia Twojego „układu eksperymentalnego” (obowiązek!)
- 3) Opracowanie wyników i ich dyskusję.
- 4) Dodatkowo, prześlij asystentowi plik tekstowy lub arkusz kalkulacyjny z danymi (zmierzone dane przedstaw także w formie tabeli w sprawozdaniu).

6 LITERATURA

- [1] Backyard Brains , <https://backyardbrains.com/experiments/Leeuwenhoek>
[2] RP Photonics, https://www.rp-photonics.com/ball_lenses.html
[3] HyperPhysics, Georgia State University, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/priplan.html>
[4] [Instrukcja do ćwiczenia 02 – I Pracownia Fizyczna](#)
[5] [δμ, portal miesięcznika Delta](#)