

XXIV OLIMPIADA FIZYCZNA (1974/1975). Stopień I, zadanie doświadczalne – D

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej,
Waldemar Gorzkowski: *Fizyka w Szkole* nr 4, 1975;
Olimpiady fizyczne XXIII i XXIV, WSiP, 1977.

Nazwa zadania: Wyznaczanie współczynnika załamania szkła butelki z kąta Brewstera

Działy: Optyka

Słowa kluczowe: Współczynnik załamania, kąt Brewstera, zjawisko polaryzacji, punkt maksymalnego zaciemnienia, punkt maksymalnego osłabienia refleksu

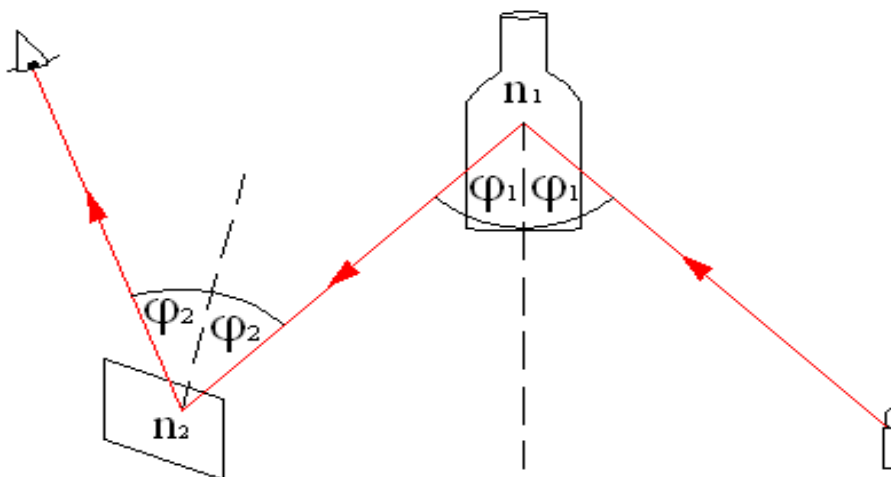
Zadanie doświadczalne – D, zawody I stopnia, XXIV OF.

Dysponując zaciemnionym pokojem oraz mając źródło światła (świeczka lub żaróweczka), płytkę szklaną, arkusz papieru, linijkę, kątomierz, statyw z uchwytem, butelkę od brązowego szkła, wyznacz współczynnik załamania szkła butelki i szkła płytki. Uzasadnij metodę pomiaru i oszacuj błąd wyniku. Opisz sposób wykonania pomiarów.

Rozwiązanie

Część teoretyczna

Zadanie to rozwiązujemy w następujący sposób: Na poziomej płaszczyźnie (np. na dużym stole – lub lepiej – na podłodze) ustawiamy świeczkę, butelkę i umocowaną w statywie płytkę szklaną, która może obracać się wokół osi poziomej. Następnie tak dopasowujemy ustawienie przedmiotów i oka, aby refleksy świeczki w pionowych ściankach butelki zniknęły po odbiciu w płytce (rys. 1).



Rys. 1

Wtedy odbicia zarówno od ścianek butelki jak i od płytki zachodzą pod kątami Brewstera. Mierząc kąty Brewstera dla butelki i płytki wyznaczamy odpowiednie współczynniki załamania. Metoda ta pozwala bez trudu wyznaczyć n z dużą dokładnością.

Część doświadczalna

Oto przykładowe wyniki pomiarów kątów Brewstera φ_1 i φ_2 otrzymane podczas kontrolnego wykonywania zadania:

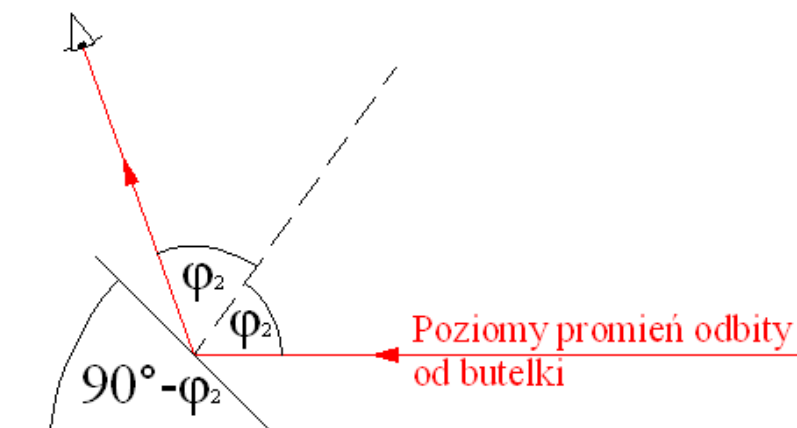
φ_1 – kąt Brewstera dla butelki,

φ_2 – kąt Brewstera dla płytki.

$2\varphi_1$	φ_2
108°	53°
111°	53°
107°	59°
116°	59°
103°	53°
114°	55°
107°	56°
104°	63°
110°	59°
99°	56°
112°	60°

W tabelce podano wartości $2\varphi_1$ i φ_2 – dla serii jedenastu pomiarów. Pomiary wykonywano na stole. Gdyby pomiary wykonywać na większej płaszczyźnie, to oczywiście wyniki byłyby dokładniejsze, ramiona kąta $2\varphi_1$ byłyby wtedy dłuższe i właściwą konfigurację można by osiągnąć z większą precyzją.

Kąt φ_2 wyznaczano mierząc kąt nachylenia płytki szklanej względem płaszczyzny stołu (rys. 2). Natomiast kąt φ_1 wyznaczano mierząc jego podwojoną wartość, czyli mierząc kąt między kierunkiem promienia padającego i odbitego od butelki.



Rys. 2

Średnie wartości kątów φ_1 i φ_2 są równe odpowiednio 54° i 57° . Korzystając z tego, że współczynnik załamania jest równy tangensowi kąta Brewstera otrzymujemy

$$n_1 = \operatorname{tg} 54^\circ = 1,37,$$

$$n_1 = \operatorname{tg} 57^\circ = 1,53.$$

Niepewności pomiarowe wyników zależy od następujących czynników:

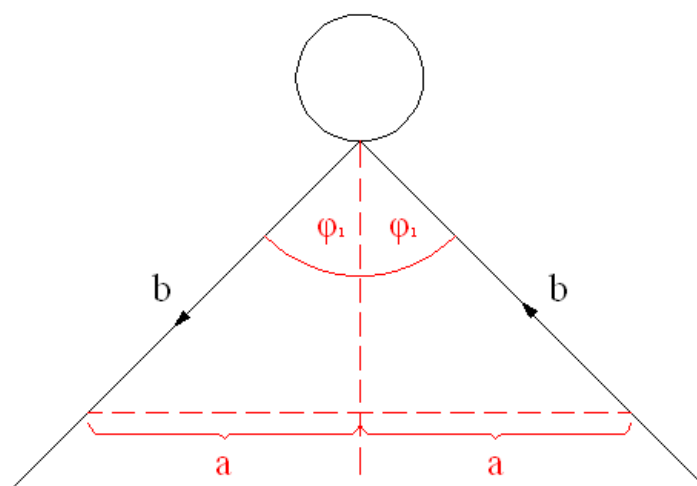
- 1) od uchwycenia punktu maksymalnego zaciemnienia przy ruchu płytki wokół butelki,
- 2) od uchwycenia punktu maksymalnego osłabienia refleksu przy obrocie płytki wokół osi,

- 3) od dokładności ustalenia punktów odbicia na butelce i na płytce,
- 4) od dokładności ustawienia dolnej krawędzi płytki prostopadle do kierunku promienia biegnącego od butelki,
- 5) od takiego ustawienia przyrządów, by promień odbity od płytki biegł naprawdę poziomo (istotne przy opisanej metodzie pomiaru φ_2).

Ze względu na to, że każdy pomiar polegał na ustawieniu wszystkich przyrządów od nowa wszystkie błędy mają charakter przypadkowy.

Jeżeli chodzi o wielkość błędu, to rozrzut wyników podanych w tabelce jest dość duży i wszystko wskazuje na to, że błąd wyniku będzie spory. Tak też jest w istocie. Obliczenie konkretnej wartości błędu zostawiamy czytelnikowi.

Jak uwagi te pogodzić z tym, co powiedzieliśmy wcześniej, że współczynnik załamania można wyznaczyć z dość dużą dokładnością? Rzecz w tym, że można nie mierzyć kąta! Przecież tak naprawdę, to nie kąt jest dla nas ważny, lecz jego tangens, a do tego wystarczą pomiary długości – wystarczy zmierzyć długość ramion odpowiedniego trójkąta równobocznego i sinus kąta φ_1 obliczyć dzieląc wielkości a i b pokazane na rysunku 3.



Rys. 3

Mając sinus bez trudu wyznaczamy tangens. Podobnie można postąpić i z kątem φ_2 . Należy butelkę położyć poziomo, a źródło światła umieścić z góry. Wtedy kąt φ_2 będzie mierzony w płaszczyźnie poziomej.

Pomiar n przez pomiary długości, a nie kątów, okazuje się znacznie lepszy.

Jeżeli chodzi o wyniki liczbowe, to dla butelek z brązowego szkła otrzymuje się najczęściej 1,55, chociaż bywają i wyjątki. Właśnie takim wyjątkiem była butelka użyta do doświadczenia, które opisaliśmy. Współczynnik załamania zależy od technologii otrzymywania szkła, a zwłaszcza od rodzaju i ilości domieszek. Jeżeli Czytelnik przy wykonywaniu doświadczenia otrzyma inną wartość, to nie ma się czym martwić.

Opisany tu sposób wyznaczania współczynnika załamania światła dla danego materiału jest typowym przykładem pomiaru nieniszczącego. Takie pomiary są szczególnie cenne. Nie zawsze bowiem można badany obiekt specjalnie sprepować do pomiarów, bo byłoby to równoważne jego zniszczeniu. Na przykład współczynnik załamania cennego kamienia szlachetnego w zasadzie można wyznaczyć wycinając z niego pryzmat i stosując metodę kąta najmniejszego odchylenia, ale kamień po takim pomiarze prawdopodobnie straciłby wartość.