

XXIV OLIMPIADA FIZYCZNA

(1974/1975)

ZAWODY II STOPNIA

Zadanie doświadczalne – D1

Nazwa – Wyznaczanie współczynnika przepuszczania światła.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

- Waldemar Gorzkowski: *Olimpiady Fizyczne XXIII i XXIV*. WSiP, Warszawa 1977
- Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki: *Olimpiada fizyczna. Wybrane zadania doświadczalne z rozwiązaniami. Stowarzyszenie Symetria i Własności Strukturalne*, Poznań 1994 (zad. 50)
- T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Masz do dyspozycji:

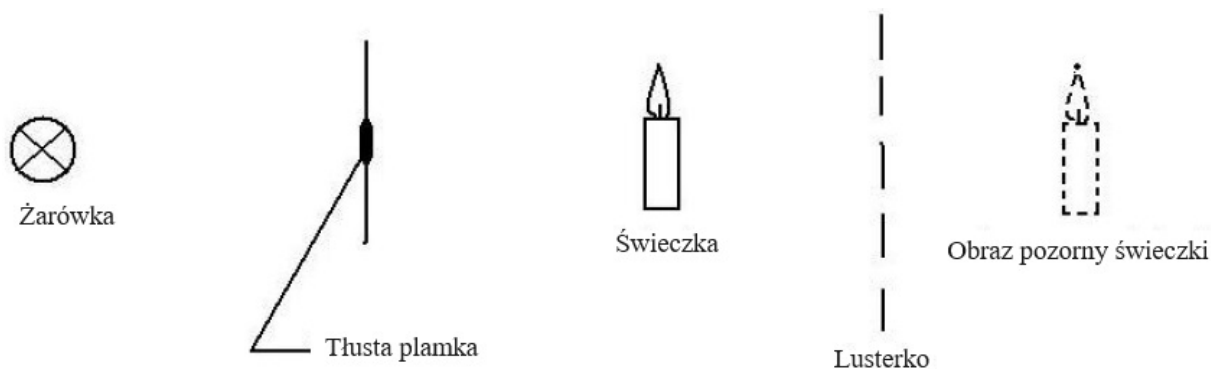
- żaróweczkę od latarki wraz z oprawką,
- przewody z krokodylkami,
- baterijkę,
- świeczkę i zapalki,
- lusterko,
- linijkę i ekierkę,
- kartonik z otworkiem,
- kartkę z małą tłustą plamką,
- kartonik z otworkiem,
- lusterka,
- tekturki do regulowania wysokości świecy.

Wyznacz współczynnik przepuszczania światła przez żółtą część płomienia świecy.

Uwaga: Współczynnik przepuszczania T jest równy stosunkowi natężenia wiązki, która przeszła przez ciało, do natężenia wiązki padającej na ciało. Dla uproszczenia zakładamy, że współczynnik przepuszczania wszystkich części żółtego obszaru płomienia świecy jest taki sam i nie zależy od długości fali. Zakładamy ponadto, że temperatura płomienia w warunkach doświadczalnych jest cały czas tak sama.

Rozwiązanie zadania D – XXIV OF, stopień II

Wyznaczanie temperaturowego współczynnika przepuszczania światła przez żółtą część płomienia świecy wymaga stworzenia układu doświadczalnego, przedstawionego na rysunku 1. Kartka z tłustą plamką (o średnicy 2 - 3 mm) służy jako fotometr. Świecę, jej obraz, tłustą plamkę oraz żarówczkę należy ustawić na jednej prostej. W celu osiągnięcia właściwego ustawienia wygodnie jest posłużyć się kartonikiem z otworkiem, który początkowo wstawiamy zamiast kartki z tłustą plamką. Przyrządy ustawiamy na, wykonanych wcześniej, stojaczkach z drutu lub na statywach. Stojaczek do lusterka powinien umożliwiać wstawianie i wyjmowanie lusterka bez naruszenia współliniowości ustawienia przyrządów. Żarówczkę można przymocować bezpośrednio do bateryjki, która wtedy służy jako podstawka. Wysokość świecy regulujemy podkładając pod świeczkę odpowiednią liczbę podkładek tekturowych.



Rys. 1

Pomiar polega na takim ustawieniu żarówki, aby tłusta plamka stała się niewidoczna. Do zmierzenia współczynnika przepuszczania płomienia konieczne są dwa pomiary: jeden ze wstawionym lusterkiem, a drugi bez lusterka. Natężenie światła pochodzącego od żarówki wyraża się wzorem:

$$I = \frac{A}{r^2}, \quad (1)$$

gdzie A oznacza stałą charakteryzującą żarówkę, a r jest odległością od żarówki do kartonika z tłustą plamką. Natężenie światła pochodzącego od świecy, umieszczonej w odległości R_1 od kartonika wyraża się wzorem:

$$I_s = \frac{B}{R_1^2}, \quad (2)$$

gdzie B jest stałą charakteryzującą świecę. Natężenie światła od obrazu świecy znajdującego się w odległości R_2 od kartonika wynosi:

$$I_o = \frac{BT}{R_2^2}, \quad (3)$$

gdzie T oznacza współczynnik przepuszczania płomienia, przez który przechodzi światło pochodzące od obrazu świecy. Zakładamy tu, że lusterko całkowicie odbija padające na nie promieniowanie i że wszystkie źródła światła są punktowe. Mówiąc o natężeniu światła we wszystkich wypadkach mamy na myśli natężenie światła przy tłustej plamce.

Plamka na kartoniku staje się niewidoczna wtedy, gdy kartonik z jednej i z drugiej strony jest jednakowo oświetlony.

W przypadku, gdy nie ma lusterka mamy:

$$\frac{A}{r_1^2} = \frac{B}{R_1^2}, \quad (4)$$

r_1 oznacza odległość żaróweczki od plamki w położeniu, przy którym plamka znika.

Po włożeniu lusterka mamy:

$$\frac{A}{r_1^2} = \frac{B}{R_1^2} + \frac{BT}{R_2^2}, \quad (5)$$

gdzie r_2 oznacza odległość żaróweczki od plamki w położeniu, przy którym po włożeniu lusterka plamka znika (oczywiście $r_2 \neq r_1$).

Z równań tych otrzymujemy:

$$T = \frac{R_2^2}{R_1^2} \left(\frac{r_1^2}{r_2^2} - 1 \right). \quad (6)$$

Wielkości R_1 i R_2 wyznaczamy mierząc na przykład odległość lusterka od plamki D i odległość świeczki od lusterka d . Mamy wtedy:

$$R_1 = D - d \quad (7)$$

$$R_2 = D + d. \quad (8)$$

Przykładowe wyniki pomiarów podaje niniejsza tabela:

Tabela 1. Przykładowe wyniki pomiarów dla doświadczenia

r_1 mm	r_2 mm	R_1 mm	R_2 mm
110	95		
110	90		
105	90		
110	95		
100	85	200	240
110	85		
100	90		

Stąd:

$$T = 0,40 \pm 0,03. \quad (9)$$

Proponowane ocenianie

Przy ocenianiu rozwiązań brano pod uwagę następujące elementy:

1. wyprowadzenie wzoru na T ,
2. wskazanie wszystkich założeń upraszczających,
3. sprawność w wyznaczaniu R_1, R_2, r_1 i r_2 ,
4. prawidłowość ustawienia przyrządów w jednej linii,
5. liczbę pomiarów,
6. prawidłowe uśrednienie – przy obliczaniu T należy najpierw policzyć stosunek r_1/r_2 dla wszystkich pomiarów, a potem otrzymane wartości uśrednić,
7. obliczenia liczbowe,
8. ocenę niepewności pomiarowych.

Wskazówki dla organizatorów

Opisany tu sposób pomiarów jest sposobem najprostszym. Pomiary można również wykonywać i w inny sposób, jednakże wtedy trzeba zrezygnować z prostopadłego oświetlenia kartki z żółtą plamką, a to komplikuje sprawę, gdyż należy wówczas mierzyć kąt między płaszczyzną kartki a kierunkiem promieniowania, co zwiększa błąd pomiaru.

Warto zwrócić uwagę, że do wykonania niniejszego doświadczenia nie jest konieczne całkowite zaciemnienie pokoju. Ustawienie kartonika z plamką równoległe do światła zewnętrznego umożliwia wykonanie pomiarów bez zasłaniania okien. Jednakże ze względu na to, że pomiary nieco trwają i w czasie pomiarów może pojawić się słońce, którego położenie na niebie nie jest stałe, przy samodzielnym wykonywaniu ćwiczenia lepiej okna zasłonić w taki sposób, by w pokoju był półmrok.