

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

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;
Waldemar Gorzkowski: Olimpiada Fizyczna XXIII i XXIV. WSiP Warszawa 1975.

Nazwa zadania: Wyznaczanie współczynnika przepuszczania światła.

Działy: Optyka

Słowa kluczowe: natężenie światła, współczynnik przepuszczania światła, świeca, płomień

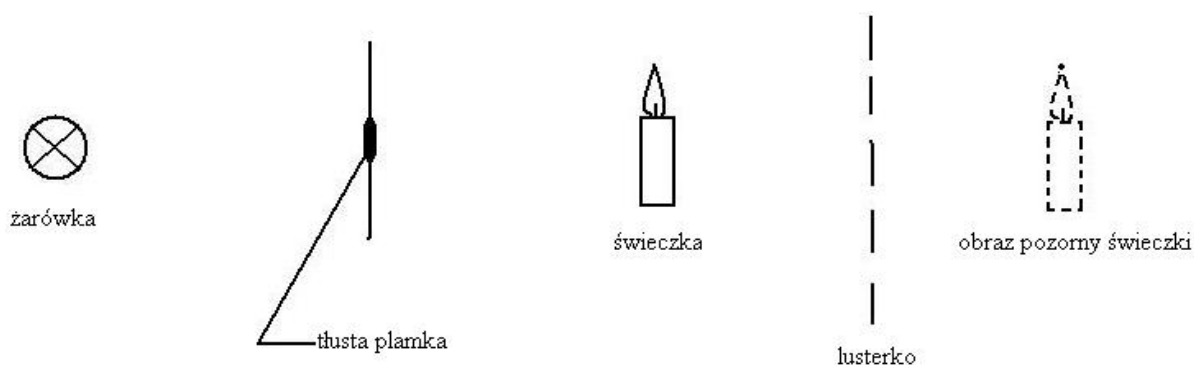
Zadanie doświadczalne – D1, zawody II stopnia, XXIV OF.

Mając do dyspozycji: żaróweczkę od latarki wraz z oprawką, przewody z krokodylkami, baterijkę, świeczkę i zapalki, lusterko, linijkę i ekerkę, kartonik z otworkiem, kartkę z małą tłustą plamką, kartonik z otworkiem oraz 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

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 żaróweczkę 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. Stojacek do lusterka powinien umożliwiać wstawianie i wyjmowanie lusterka bez naruszenia współliniowości ustawienia przyrządów. Żaróweczkę można przymocować bezpośrednio do baterijki, 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:

$$I = \frac{A}{r^2},$$

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:

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

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

$$I_0 = \frac{BT}{R_2^2},$$

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:

$$\frac{A}{r_1^2} = \frac{B}{R_1^2},$$

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

Po włożeniu lusterka mamy:

$$\frac{A}{r_2^2} = \frac{B}{R_1^2} + \frac{BT}{R_2^2},$$

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

Z równań tych otrzymujemy:

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

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

$$R_1 = D - d$$

$$R_2 = D + d.$$

Przykładowe wyniki pomiarów podaje niniejsza tabela (wyniki w mm):

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

Stąd:

$$T = 0,40 \pm 0,03.$$

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 umożliwi 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.