

Masz do dyspozycji:

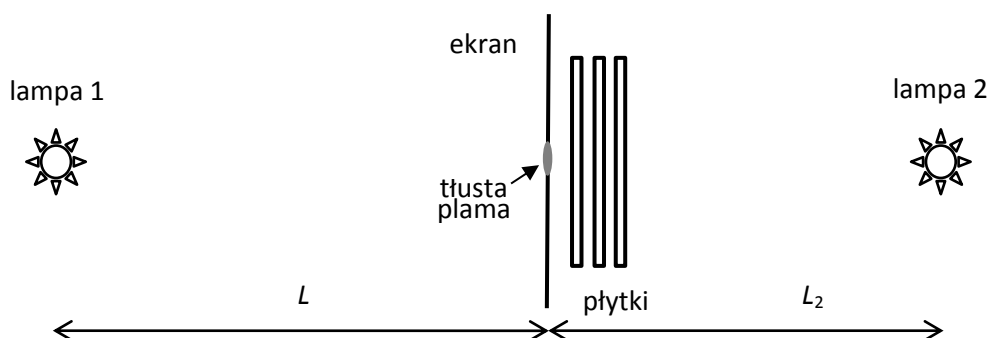
- dwie lampy z odsłoniętymi identycznymi żarówkami (bez klosza ani reflektora),
- linijkę lub taśmę mierniczą,
- 10 mikroskopowych płytek szklanych (podstawowych),
- kartkę papieru z niewielką tłustą plamą.

Wyznacz, jaka część światła padającego prawie prostopadle na pojedynczą płytkę szklaną ulega odbiciu. Zaniedbaj absorpcję światła w szkłe.

Rozwiązanie:

Część teoretyczna

Tłusta plama na kartce papieru jest niewidoczna, jeśli z obu stron kartki pada na nią światło o jednakowym natężeniu. Dlatego w celu wyznaczenia jaka część światła odbija się od szkiełka podstawowego można wykorzystać następujący układ pomiarowy:

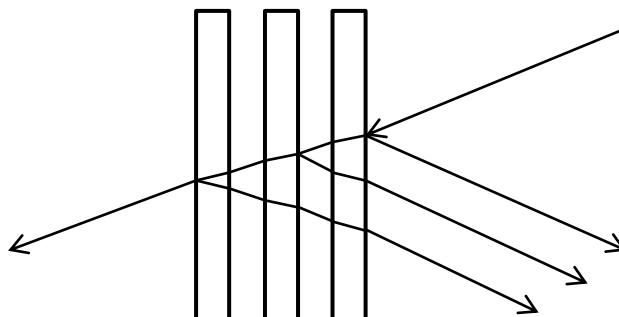


Rys. 1. Schemat układu pomiarowego.

Ze względu na szklane płytki, które ograniczają widoczność tłustej plamy, tę ostatnią należy obserwować od strony lampy 1, czyli przeciwnej niż ustawione płytki. I_0 oznacza natężenie światła emitowanego przez żarówki. W odległości L od źródła natężenie to zmaleje do I_0/L^2 . Jeśli zabierzemy płytki szklane, a ekran – czyli kartkę z tłustą plamą – umieścimy w równej odległości od obu lamp ($L_1 = L_2$), to plama na ekranie powinna stać się niewidoczna ze względu na jednakowe jej oświetlenie z obu stron. Natomiast jeśli na drodze światła lampy 2 z powrotem umieścimy (blisko ekranu) płytki szklane, to plama powinna stać się widoczna z powodu odbicia części światła od płytek. Aby doprowadzić do ponownego „zniknięcia” plamy trzeba odsunąć jedną z lamp. Niech η oznacza stosunek natężeń światła przechodzącego przez płytki do natężenia światła padającego na płytki. W sytuacji, gdy tłusta plama „znika”:

$$\eta = (L_2 / L_1)^2. \quad (1)$$

Zasadniczo wystarczyłby pomiar odległości L_1 i L_2 dla jednej płytki szklanej, aby wyznaczyć szukany ułamek światła odbitego α , który w przypadku jednej płytki równy jest $\alpha = 1 - \eta$. Taki pomiar byłby jednak obarczony bardzo dużym błędem, ponieważ od typowego szkła odbija się tylko niewielka część światła padającego. Dlatego korzystniej jest wykonać pomiary dla różnej liczby płytek.



Rys. 2. Wielokrotne odbicia od zestawu płytek szklanych.

W takim przypadku mamy do czynienia z wielokrotnymi odbiciami, których przykłady umieszczono na Rys. 2. Efekt ten można zasadnie zaniedbać ze względu na fakt, że natężenie takich wiązek będzie szybko maleć z każdym kolejnym odbiciem. Dlatego wygodnie jest ustawić płytki w taki sposób, aby ich powierzchnia była pod kątem nieco mniejszym niż 90° względem osi łączącej włókna dwóch żarówek. Wówczas światło odbite nie będzie przeszkadzało w porównaniu natężenia oświetlenia tłustej plamy bezpośrednim światłem obu lamp. Dla zestawu n płytek mamy

$$\eta = (1 - \alpha)^n$$

oraz

$$\ln \eta = n \cdot \ln(1 - \alpha). \quad (2)$$

Zatem mierząc $\eta = (L_2 / L_1)^2$ jako funkcję liczby płytek i wykreślając wyniki pomiarów zgodnie ze wzorem (2) można wyznaczyć współczynnik nachylenia równy $\ln(1 - \alpha)$, a tym samym szukany parametr α .

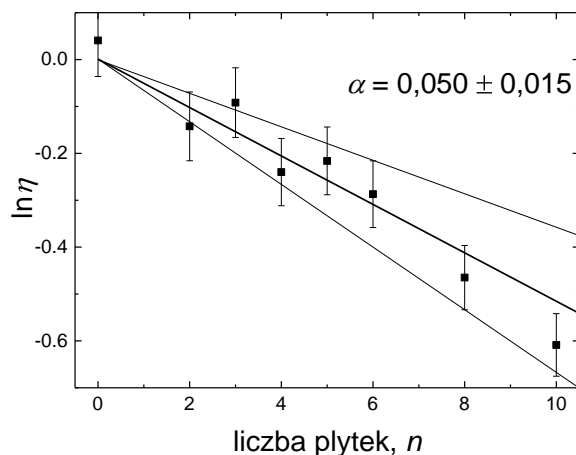
Część doświadczalna

Pomiary rozpoczęto od natłuszczenia kartki papieru niewielką ilością oleju jadalnego. Tak przygotowany ekran ustawiono pionowo na biurku, a po dwóch jego stronach umieszczono lampy. Następnie tak dobrano odległości pomiędzy ekranem a lampami, aby tłusta plama była niewidoczna. W tym przypadku L_1 wynosiło 73 cm, a L_2 74,5 cm (pierwszy wiersz danych w tabeli obok).

liczba płytek, n	L_1 (cm)	L_2 (cm)
0	73	74,5
2	80	74,5
3	78	74,5
4	84	74,5
5	83	74,5
6	86	74,5
8	94	74,5
10	101	74,5

Należy podkreślić, że przesuwanie którejkolwiek z lamp w zakresie 4 cm nie wpływało na widoczność tłustej plamy na ekranie. Dlatego każdy wiersz danych w powyższej tabeli został uzyskany po kilku próbach ustawienia lamp, a jako niepewność wyznaczenia wielkości L_1 i L_2 przyjęto 2 cm. W kolejnych krokach ustawiano blisko prawej strony ekranu różną liczbę płytek szklanych i poprawiano położenie lampy 1 tak, by tłusta plama zniknęła.

Uzyskane w ten sposób dane przeliczono na zależność wielkości $\ln \eta$ od liczby płytek n i wykreślono na Rys. 3.



Rys. 3. Wyniki pomiarów dla różnej liczby płytek szklanych.

Zgodnie z oczekiwaniami oraz wzorem (2) uzyskano wyraźny liniowy trend, dlatego do przedstawionych danych dopasowano – odrębnie – serię trzech prostych przechodzących przez początek układu współrzędnych, których współczynniki kierunkowe pozwoliły na obliczenie wartości oraz niepewności pomiarowej parametru $\alpha = 0,050 \pm 0,015$. Zatem od jednej płytki szklanej odbija się około 5 % padającego światła.

Ponieważ liczba płytek n była znana dokładnie, dlatego można stwierdzić, że dość duża niepewność wyznaczenia parametru α (niepewność względna równa 30 %) wynika ze wspomnianej powyżej sporej (± 2 cm) niedokładności w ustawieniu lampy 1. Fakt ten ma również swoje odzwierciedlenie w znacznym rozrzucie punktów na poniższym wykresie oraz w różnej wartości odległości L_1 i L_2 uzyskanych w pomiarze bez płytek ($n = 0$).