

XLV OLIMPIADA FIZYCZNA (1995/1996). Stopień wstępny, zad. doświadczalne – D2

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej.

Nazwa zadania: Wyznaczanie długości fali zielonej linii emitowanej przez lampę rtęciową

Działy: Optyka falowa

Słowa kluczowe: płyta kompaktowa, dyfrakcja, siatka dyfrakcyjna, długość fali, lampa rtęciowa, CD, DVD, rtęć, pomiar.

Zadanie doświadczalne – D2, zawody stopnia wstępnego, XLV OF.

W latarniach ulicznych często używa się lamp rtęciowych. Dają one biało-niebieskie światło. W widmie takiej lampy dominują silne linie emisyjne rtęci.

Mając do dyspozycji:

- płytę kompaktową,
- papierowy trójkąt służący do wskazania niewielkiego obszaru powierzchni płyty,
- taśmę mierniczą lub centymetr krawiecki,
- pisak do zaznaczania odległości na taśmie,

Wyznacz długość fali odpowiadającej zielonej linii emitowanej przez lampę rtęciową. Załóż, że długość fali dla linii żółtej wynosi $\lambda = 578 \text{ nm}$.

Uwagi

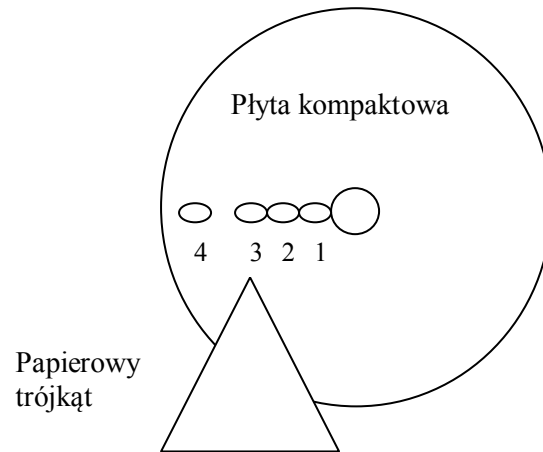
1. Do eksperymentu wykorzystaj światło pochodzące z ulicznej lampy rtęciowej, wpadające do pomieszczenia przez okno.
2. Do zestawienia układu doświadczalnego, możesz używać sprzętów znajdujących się w pokoju (meble, zasłony).
3. Sposób zamocowania płyty jest dowolny.
4. Papierowy trójkąt można oprzeć o powierzchnię płyty lub przymocować go w taki sposób aby nie uszkodzić płyty.

Rozwiązanie

Pomysł rozwiązania zadania opiera się na wykorzystaniu płyty kompaktowej jako siatki dyfrakcyjnej. Poniżej przedstawiono jedną z możliwości wykonania doświadczenia.

Płyta kompaktowa ustawiona została w ciemnym pokoju, tak aby przez okno padało na nią światło tylko jednej lampy. W tym celu odpowiednio zasunięto zasłony tak aby utworzyły szczelinę. Lampa znajdowała się w odległości około 100 m od płyty. Patrząc na światło lampy odbite od powierzchni płyty kompaktowej można wyróżnić cztery dominujące nie oddzielone plamki: czerwoną, żółtą, zieloną i fioletową (Rys. 1).

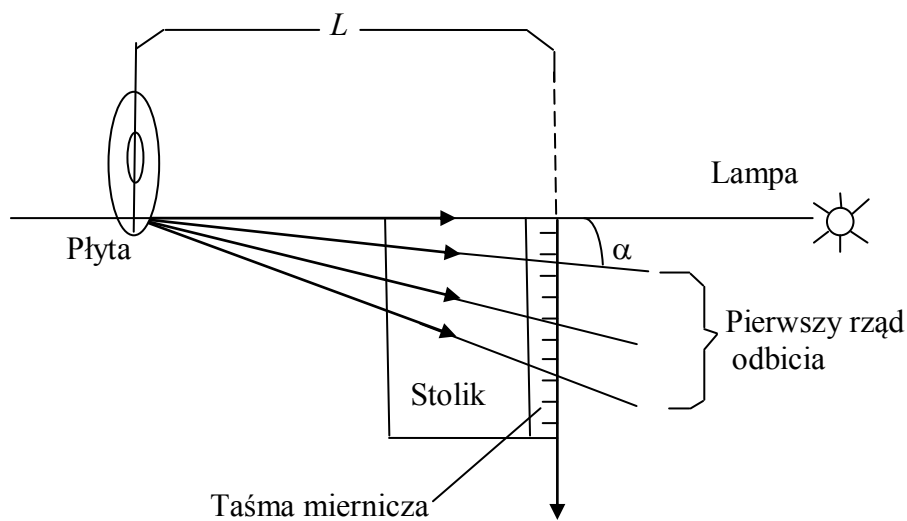
Plamki te odpowiadają różnym liniom emisyjnym rtęci. Na płycie zamocowana została trójkątna papierowa strzałka wskazująca miejsce na płycie, z którego obserwowano odbicie. Między płytą a lampą ustawiono stolik w taki sposób, aby jedna z jego krawędzi biegła wzdłuż wiązki światła z lampy. Płytę ustawiono (na meblach) tak aby światło odbite w zerowym rzędzie biegło ponad tą krawędzią. Na drugiej krawędzi stolika umieszczono taśmę mierniczą (rys. 2). Następnie patrząc na światło odbite od płyty wyznaczono kierunek promieni odpowiadających poszczególnym barwom. Przy pomocy pisaka (końcówka pisaka użyta została jako „celownik”) zaznaczano na taśmie położenia x z odpowiadającego biegowi promieni odbitych od płyty dla zerowego i pierwszego rzędu dyfrakcji (rys. 2).



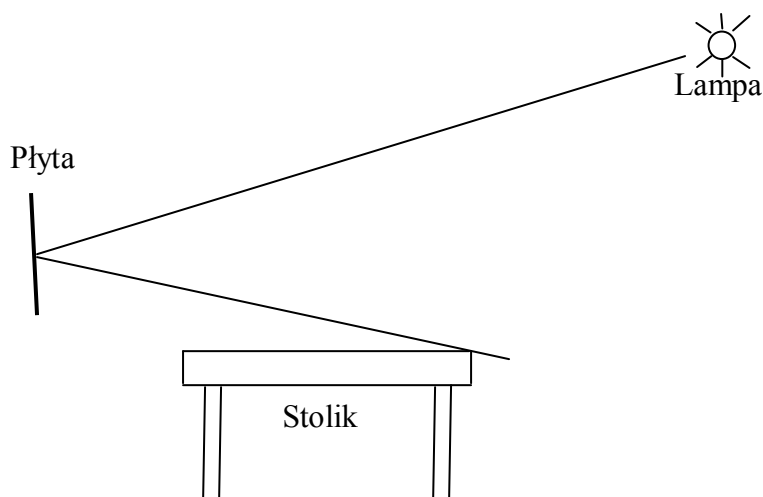
Rys. 1. Światło lampy rtęciowej widziane w pierwszym rzędzie odbicia z odległości około 0,5 m od płyty. Liczbami oznaczono barwy plamek: 1 – fioletowa, 2 – zielona, 3 – żółta, 4 – czerwona.

Rys. 2. Rozmieszczenie elementów układu pomiarowego.

a) widok z góry



b) widok z boku



Pomiary powtórzone kilkakrotnie dla każdej linii. Na podstawie wyników serii pomiarów wyznaczono wartość średnią odległości x oraz jej niepewność pomiarową Δx .

Korzystając ze związku:

$$\sin \alpha = n \cdot \frac{\lambda}{d},$$

obowiązującego dla odbiciowej siaki dyfrakcyjnej o stałej d dla zerowego kąta padania, otrzymujemy dla danego rzędu widma $n \neq 0$:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1}, \quad (1)$$

gdzie α_1 i α_2 oznaczają kąty dyfrakcji odpowiadające różnym długościom fali λ_1 i λ_2 .

Wartości $\sin \alpha$ odpowiadające kątom wyznaczonym ze związku:

$$\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}}, \quad (2)$$

przy czym $L = (218 \pm 1)$ cm jest odległością pomiędzy wybranym punktem na płycie, a śladem pisaka na taśmie na krawędzi stołu, wyznaczającym bieg światła dla zerowego rzędu odbicia. Znając kąt dyfrakcji dla linii 578 nm, można ze wzoru (1) wyznaczyć długość fal pozostałych linii. W tabeli przedstawiono wyniki pomiarów długości fali λ_{wyz} wraz z wartościami tablicowymi długości fali λ_{tabl} odpowiednich linii emisyjnych rtęci. Niepewność pomiarowa λ_{wyz} wyznaczono metodą różniczeki zupełnej ze wzoru (1). Jego wielkość wynika głównie z niedokładności wyznaczenia odległości x .

Tabela

Linia	x , cm	$\sin \alpha$	λ_{tabl} , nm	λ_{wyz} , nm
1	$88,2 \pm 0,6$	0,375	632,4	614 ± 6
2	$88,2 \pm 0,3$	0,353	577,579	578
3	$77,2 \pm 0,3$	0,338	546,0	547 ± 4
4	$60,0 \pm 1,0$	0,265	435,8	435 ± 10

Widać, że w granicach niepewności pomiarowej zmierzone wartości fali pokrywają się z danymi tablicowymi.