

Ćwiczenie 413

Wyznaczanie długości fali świetlnej za pomocą spektrometru siatkowego

Przed zapoznaniem się z instrukcją i przystąpieniem do wykonywania ćwiczenia należy opanować następujący materiał teoretyczny:

1. Interferencja światła, warunki powstawania prążków interferencyjnych. [9] lub [10].
2. Ugięcie światła na szczeliny liniowej. [9] lub [25].
3. Interferencja światła za siatką dyfrakcyjną. Zdolność rozdzielcza i dyspersja kątowa siatki [10] lub [25].

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest:

1. Zapoznanie się z zasadą budowy spektrometrów siatkowych.
2. Pomiar długości fal świetlnych emitowanych przez rozrzedzone gazy.
3. Wyznaczenie dyspersji kątowej siatki dyfrakcyjnej dla różnych długości fal świetlnych i różnych rzędów widma.

Metoda pomiaru

Płaska fala świetlna ugina się na szczelinach siatki dyfrakcyjnej, w wyniku czego każda szczelina siatki staje się źródłem fali o symetrii osiowej (w przybliżeniu). Spójne fale pochodzące ze wszystkich (oświetlonych) szczelin nakładając się na siebie dają główne maksima interferencyjne w kierunkach odchylonych od pierwotnego kierunku biegu światła pod kątami α spełniającymi warunek

$$c \sin \alpha = k\lambda, \quad (1)$$

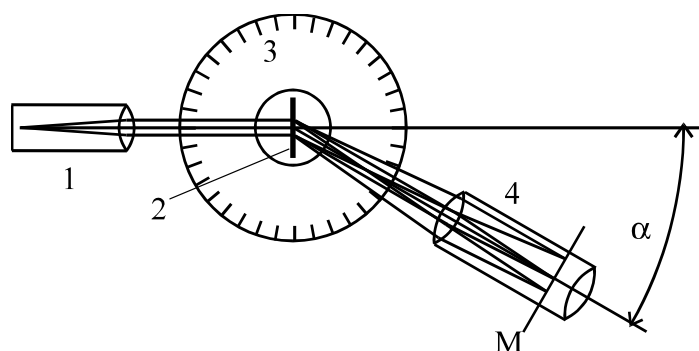
gdzie c - stała siatki, tzn. suma szerokości szczeliny i przesłony, k - liczba całkowita zwana rzędem widma, λ - długość fali.

Dyspersja kątowna siatki D jest zdefiniowana wzorem $D = \frac{d\alpha}{d\lambda}$. Przy użyciu wzoru (1), może zostać wyrażona jako

$$D = \frac{k}{c \cos \alpha}. \quad (2)$$

Przebieg pomiaru

Spektrometr siatkowy (rys. 1) składa się z kolimatora 1, siatki dyfrakcyjnej 2 umieszczonej na stoliku zaopatrzonym w skalę kątową 3 oraz lunetki 4, którą można obracać względem pionowej osi leżącej w płaszczyźnie siatki dyfrakcyjnej. Położenie lunetki odczytuje się na skali kątownej stolika.



Rys. 1. Schemat spektrometru siatkowego.

Wychodząca z kolimatora płaska fala świetlna pada prostopadłe na siatkę i ugina się na jej szczelinach. Fale ugięte pod kątem α zostają zebrane przez obiektyw lunetki, dając obraz szczeliny kolimatora w płaszczyźnie M jego ogniskowej. Obraz ten jest jasny wówczas, gdy kąt α spełnia warunek (1).

Obrazy szczeliny można obserwować przez okular lunetki, a na skali kątownej stolika odczytać ich położenie kątowne. Mierząc kąt ugięcia α dla prążków o różnych barwach można wyznaczyć odpowiadające im długości fal:

$$\lambda = \frac{c \sin \alpha}{k}. \quad (3)$$

Źródłami badanego światła są rurki Plückera zasilane z odpowiedniego zasilacza wysokiego napięcia.

Kolejność czynności

- Umocowaną w statywie rurkę Plücker'a ustawić naprzeciw szczeliny kolimatora w odległości około 1 cm. Lunetkę ustawić tak, aby jej oś optyczna pokrywała się z osią optyczną kolimatora.
- Połączyć rurkę z gniazdami wyjściowymi zasilacza wysokiego napięcia. Włączyć zasilacz.

Uwaga: Po włączeniu zasilacza nie dotykać rurki ani przewodów!

- Obserwując widmo zerowego rzędu (prążek centralny) tak ustawić okular lunetki, aby widać było ostro szczelinę kolimatora. Szczelina kolimatora musi być ustawiona pionowo, a oglądany prążek powinien być bardzo wąski.
- Obrócić lunetkę, aby widoczne w niej skrzyżowanie nici pajęczych pokryło się z dowolnie wybranym prążkiem widma pierwszego rzędu. Na skali kątovej odczytać położenie lunetki f_1 .
- Postępując jak poprzednio odczytać kąt f_2 , odpowiadający prążkowi tej samej barwy w widmie pierwszego rzędu po przeciwnej stronie prążka centralnego. Różnica tych kątów jest równa podwojonej wartości kąta ugięcia:

$$|\phi_1 - \phi_2| = 2\alpha. \quad (4)$$

- Postępując zgodnie ze wskazaniem punktów 4 i 5, zmierzyć kąty f_1 i f_2 , odpowiadające prążkom różnych barw w widmie pierwszego i drugiego rzędu.

Uwaga: Natychmiast po dokonaniu pomiarów wyłączyć zasilacz!

- Wyniki pomiarów f_1 i f_2 zebrać w tabeli.

rodzaj gazu								
barwa światła	rząd widma	f_1 [°]	f_2 [°]	α [°]	l [nm]	Δl [nm]	D [mm] ⁻¹	ΔD [mm] ⁻¹

Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Krótki opis metody pomiaru (w tym szkic spektrometru siatkowego), bez wymieniania kolejnych czynności.
- Tabele z wartościami wielkości mierzonych i obliczanych.
- Obliczenia na podstawie wzoru (3) długości fal odpowiadających obserwowanym prążkom. Stała siatki \mathcal{C} zostanie podana w pracowni.

4. Obliczenia na podstawie wzoru (2) dyspersji kątowej siatki dla zmierzonych kątów α .
5. Wykresy zależności $D(\alpha)$ dla widma pierwszego i drugiego rzędu.
6. Obliczenia maksymalnych błędów bezwzględnych:

$$\Delta\lambda = \lambda \operatorname{ctg}\alpha \Delta\phi, \quad (5)$$

$$\Delta D = D \operatorname{tg}\alpha \Delta\phi. \quad (6)$$

W powyższych wzorach oszacowaną wartość błędu $\Delta\phi$ pomiaru kąta należy podstawić w mierze łukowej. Wyniki obliczeń należy umieścić w tabeli.

Pytania

1. Co to jest dyfrakcja światła i w jakich warunkach może być obserwowana?
2. Co to jest siatka dyfrakcyjna? Zdefiniować zdolność rozdzielczą siatki dyfrakcyjnej.
3. Co to jest interferencja fal?
4. Jakie fale nazywa się spójnymi?
5. Co nazywa się fazą fali?
6. Jaki warunek muszą spełniać drogi optyczne światła, a także fazy fal świetlnych, aby w wyniku ich nałożenia powstał jasny (lub ciemny) prążek interferencyjny?
7. Wyprowadzić wzór (1).
8. Dlaczego, gdy długości dwu fal zbyt mało się różnią, obserwujemy jeden prążek interferencyjny?