

XXVI OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP III

Zadanie doświadczalne

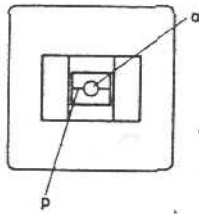
ZADANIE D1

Nazwa zadania: „Przezrocza”

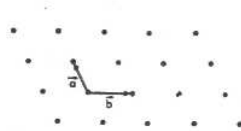
Masz do dyspozycji:

- linijkę
- kątomierz
- źródło światła
- filtr interferencyjny w osłonie przepuszczający falę o długości 550 nm,
- uchwyt
- papier milimetrowy
- arkusz papieru
- kawałek tekturki
- 3 przezrocza w ramkach: zielonej, czarno-zielonej i niebieskiej.

Na każdym przezroczu w widocznym okiem kołowym obszarze a (rys.1), znajduje się



Dwuwymiarowa struktura otrzymana przez przesuwanie czarnego kółeczka w kierunkach dwu niewspółliniowych wektorów \vec{a} i \vec{b} o całkowite wielokrotności ich długości („dwuwymiarowy kryształ” – rys.2)



rys.2

Korzystając z podanych pomocy określ wektory \vec{a} i \vec{b} dla struktur znajdujących się na poszczególnych przezroczach w układzie współrzędnych związanych z prostą p zaznaczona na przezroczu (rys.1).

Uwaga: Podana długość fali odnosi się do światła wychodzącego z filtru praktycznie prostopadle do jego powierzchni. Powierzchni filtru nie wolno dotykać.

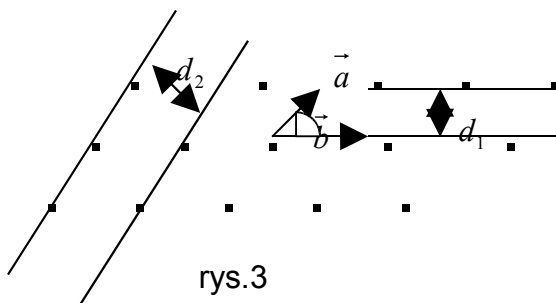
ROZWIĄZANIE ZADANIA D1

W pierwszym przybliżeniu strukturę punktów przedstawiona na rysunku można traktować jako dwie skrzyżowane siatki dyfrakcyjne o szczelinach równym odległościom pomiędzy rzędami poszczególnych kóelek.

W wyniku ugięcia padającej fali świetlnej na punktach struktury oraz interferencji otrzyma się obraz złożony z sieci punktów. Widoczne bowiem w postaci punktów maksima inerferencyjne będą odpowiadały przecięciom się prążków interferencyjnych otrzymanych z obydwu siatek. W zasadzie do rozważań można wybrać dwie „siatki dyfrakcyjne” ułożone z dowolnych rzędów punktów. Jednakże ze wzoru na kąt ugięcia α wiązki wzmacniającej dla siatki dyfrakcyjnej

$$\sin \alpha = n\lambda / d$$

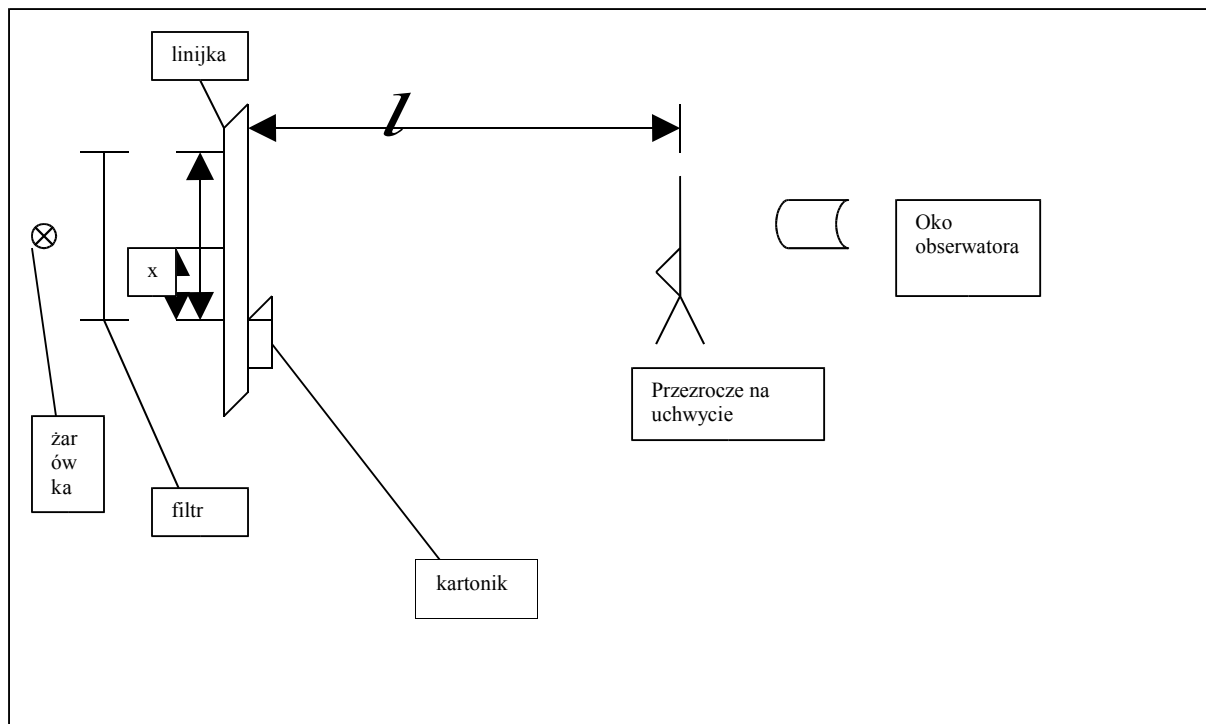
wynika, że najlepiej widoczne punkty obrazu, leżące najbliżej wiązki nieugiętej, będą odpowiadały największym odległościom rzędów kóelek od siebie. Wobec tego najlepiej wybrać dwie siatki o rzędach atomów maksymalnie od siebie odległych. Na rys.3



Przedstawiono właśnie taki dobór siatek dla dowolnych \vec{a} i \vec{b} nachylonych do siebie pod kątem α gdzie: $d_1 = |\vec{a}| \sin \alpha$, $d_2 = |\vec{b}| \sin \alpha$.

Widoczne jest, że odległości rzędów kóelek wynoszą odpowiednio d_1 i d_2 , a kierunek rzędów odpowiednich obrazów są prostopadłe do \vec{a} i \vec{b} . Wobec tego kąty nachylenia rzędów obrazów do osi p przezroczka będą się różniły o 90° od kątów nachylenia wektorów \vec{a} i \vec{b} do tej prostej, co należy uwzględnić przy pomiarach.

W y k o n a n i e p o m i a r ó w. przyrządy należy zestawić zgodnie z rys.4. Źródło światła stanowi żarówka przylutowana na sztywnych drutach do baterii, dzięki czemu jej wysokość obrazu przezroczka (z rozpatrywaną strukturą). Linijkę ustawiamy na stole pionowo (skalą do góry).



Wszystkie przyrządy należało tak ustawić na arkuszu papieru milimetrowego (ewentualnie przedłużając go arkuszem kratkowanym), aby linijka, powierzchnia przezrocza i powierzchnia filtru były prostopadłe do linii źródło – obserwator (osi optycznej). Następnie należało obracając przezroczce wokół osi optycznej doprowadzić do poziomów jeden z rzędów punktów obrazu i wykonać pomiary kąta nachylenia prostej P do poziomu i kąta ugięcia. Pomiary należało powtórzyć dla innego rzędu punktów.

Pomiar kąta ugięcia sprowadzał się do zmierzenia odległości l od linijki do przezrocza oraz odległości x pozornych obrazów różnych rzędów od obrazu pozornego wiązki nie ugiętej. Obrazy te można było wyraźnie obserwować na tle linijki (obraz pierwszego rzędu nawet w pełnym słońcu). Przesuwając tekturkę po linijce od obrazu do obrazu można wyznaczyć ich odległość. Pomiar x należało wykonać wielokrotnie dla obrazów pierwszego rzędu po obu stronach wiązki nieugiętej i w miarę możliwości (ale niekoniecznie) dla obrazów li rzędu.

Znając x i l można łatwo wyznaczyć α ($\text{tg}\alpha = x/l$), a stąd, znając długość fali przepuszczanej przez filtr, odpowiednią stałą siatki $d = n\lambda / \sin\alpha$.

Kąt nachylenia prostej p do poziomu łatwo było zmierzyć kątomierzem przykładając do prostej P linijkę.

Z pomiaru dla obu nierównoległych szeregów obrazów można było wyznaczyć d_1 i d_2 oraz kąty nachylenia γ_1 i γ_2 , a następnie obliczyć $|\vec{a}|$ i $|\vec{b}|$ i ich nachylenie do P.

Na wykorzystanych w zadaniu przezroczach znajdowały się następujące struktury:

- na przezroczu niebieskim, struktura prostokątna $a=60 \mu\text{m}$, $b=43 \mu\text{m}$. Wektor \vec{a} był nachylony do prostej P pod kątem 147° a wektor $\vec{b}=57^\circ$
- przezroczka zielone i czarno-zielone zawierały struktury heksagonalne o kątach nachylenia jednego z wektorów do osi p równych 40° i długościach wektorów odpowiednio $a=b=59 \mu\text{m}$, oraz $a=b=51 \mu\text{m}$.

Dawały one ugięcie obrazów I rzędu około $0,5^\circ$ a więc w pełni mierzalne. Błąd pomiaru d wynosił około 10% (ze względu na duży błąd pomiaru x), a błąd pomiaru kątów nachylenia wektorów \vec{a} i \vec{b} do prostej P około 3° .

Przy ocenie zadania doświadczalnego przyjęto następującą punktację:

C z ę ś c t e o r e t y c z n a

- za przeprowadzenie analogii z siatkami dyfrakcyjnymi i podanie związku kąta ugięcia ze stałą siatki – do 4 punktów,
- za prawidłowe określenie długości wektorów a i b na podstawie odpowiednich stałych siatek – do 4 punktów,
- za podanie właściwych kątów nachylenia wektorów a i b do prostej P na podstawie kątów nachylenia rzędów obrazów do P – 2 punkty.

C z ę ś ć d o ś w i a d c z a l n a

- za zaproponowanie właściwego układu doświadczalnego do pomiarów 3pkt.,
- za wykonanie pomiarów 3 pkt.,
- za końcowe przeliczenie 2pkt.,
- za ocenę błędu 2pkt.

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl