

LABORATORIUM  
METROLOGIA OPTYCZNA WŁASNOŚCI  
MECHANICZNYCH

Instrukcja do ćwiczenia 9

**DYFRAKCYJNY POMIAR MODUŁU YOUNGA**

## Wstęp

W ćwiczeniu stosuje się dyfrakcję do pomiaru ugięcia belki obciążanej siłą. Dzięki znajomości siły obciążenia można obliczyć moduł Younga materiału.

**Zagadnienia do samodzielnego opracowania** (poprzednie ćwiczenia): dyfrakcja na szczelinie, obciążenie a ugięcie belki, moduł Younga;

## Przebieg ćwiczenia

Próbka w kształcie prostopadłościenną belki jest zginana trójpunktowo przy pomocy zawieszonych odważników. Ugięcie powoduje zmianę szczeliny w układzie pomiarowym, która jest mierzona za pomocą analizy obrazów dyfrakcyjnych.

Obraz dyfrakcyjny wyświetlony jest na ekranie z papieru milimetrowego o rozmiarze A3. Ze względu na rozmiar ekranu i jego odległość obserwowane ugięcie kątowe  $\alpha$  nie przekracza  $2,5^\circ$ , co pozwala na przyjęcie przybliżenia:

$$\text{kąt ugięcia } \alpha \approx \sin \alpha \approx \tan \alpha$$

Obraz dyfrakcyjny zapisuje się przez zrobienie zdjęcia ekranu. Ze względu na siatkę milimetrową na ekranie odczyt odległości pomiędzy prążkami interferencyjnymi na ekranie jest niezależny od ewentualnych zniekształceń.

Tabela pomiarowa

szerokość $b$	grubość $g$	odległość podpór $l$	masa $m_i$	łączna siła $F_i$	dł. fali $\lambda$	odl. ekranu $z$	nr prążka $k$	wspórz. prążka $x$
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ - ]	[ ]
			0					

Szerokość szczeliny  $D$  obliczamy ze wzoru na dyfrakcję na szczelinie

$$\frac{2\pi x}{\lambda z} D = k\pi \quad (1)$$

gdzie  $\lambda$  – długość fali światła ( $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$ ),  $x$  – współrzędna wybranego prążka na ekranie,  $z$  – odległość próbki od ekranu,  $k$  – numer danego prążka.

Ugięcie badanej próbki obliczamy z szerokości szczeliny

$$f = D - D_0 \quad (2)$$

gdzie  $D_0$  jest szerokością szczeliny dla zerowej masy.

Moduł Younga obliczamy ze wzoru na ugięcie belki podpartej na końcach i obciążonej na środku

$$f = \frac{l^3 F}{48JE}, \quad J = \frac{bg^3}{12}, \quad \text{czyli } f = \frac{l^3 F}{4Ebg^3} \quad (3)$$

## Opracowanie wyników pomiarów

1. Na każdej fotografii odpowiadającej każdemu obciążeniu belki zidentyfikować możliwie daleki ciemny prążek i zmierzyć jego numer  $k$  i położenie  $x$ , pamiętając o tym, że ciemne prążki, łącznie z pierwszym, położone są w teoretycznie jednakowych odległościach od środka zerowego (jasnego) prążka.
2. Dla każdego obciążenia obliczyć szerokość szczeliny  $D$  (wzór 1) i ugięcie  $f$  – (wzór 2).
3. Dla każdego obciążenia obliczyć sumę mas i odpowiadającą jej siłę obciążenia  $F$ .
4. Wykonać wykres  $f(F)$ . Do punktów pomiarowych  $f(F)$  dopasować linię prostą i wyznaczyć współczynnik  $a$  równania tej linii  $f=a \cdot F$ , wraz z jego niepewnością. Zadbaj przy tym, żeby dopasowana była linia  $f=a \cdot F$ , a nie  $f=a \cdot F+b$ .
5. Ze wzoru (3), dla danych  $l, b, g$ , obliczyć moduł Younga badanego materiału, wiedząc że współczynnik prostej  $a = \frac{l^3}{4Ebg^3}$ .
6. Obliczyć niepewność  $u(E)$  z prawa przenoszenia niepewności. Niepewności  $u(b)=u(g)$  obliczyć z działki elementarnej suwmiarki  $\Delta=0.05$  mm, a niepewność  $u(l)$  z działki  $\Delta=0.1$  mm