

## WYZNACZANIE MODUŁU SZTYWNOŚCI METODĄ DYNAMICZNĄ

## I. Zagadnienia

1. Własności sprężyste ciał – prawo Hooke’a.
2. Moment siły.
3. Prawa dynamiki bryły sztywnej.
4. Drgania harmoniczne proste.
5. Związek między modułem sztywności i momentem sił skręcających drut.

## II. Literatura

1. S. Szczeniowski, Fizyka doświadczalna, tom 1.
2. A. Piekara, Mechanika ogólna.
3. Cz. Bobrowski, Fizyka – krótki kurs.
4. H. Szydłowski, Pracownia fizyczna.
5. T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.

## III. Wykonanie ćwiczenia

Moduł sztywności wyznacza się za pomocą wahadła torsyjnego. Drut, na którym wisi tarcza jest sztywno zamocowany. W skład zestawu wchodzi dwa badane druty (stalowy i mosiężny), tarcza o nieznannej masie  $m_0$  służąca do wstępnego napięcia drutu i pięć krążków o masach  $m_1 = 0,285$  kg,  $m_2 = 0,390$  kg,  $m_3 = 0,385$  kg,  $m_4 = 0,640$  kg,  $m_5 = 0,640$  kg.

1. Zmierzyć dwukrotnie długość  $l$  badanego drutu.
2. W kilku miejscach (za pomocą śruby mikrometrycznej) zmierzyć średnicę drutu  $2r$ .
3. Zmierzyć średnicę krążków  $2R$  obciążających wahadło torsyjne.
4. Zamocować tarczę o masie  $m_0$  i krążek o masie  $m_1$  (tarcza powinna być zamocowana w całym cyklu pomiarowym).
5. Wprawić układ w drgania skrętne za pomocą rączki połączonej z górnym zawieszeniem drutu. Zmierzyć czas trwania 10 drgań  $t = 10 T$ .
6. Powtórzyć czynności z punktów 4, 5 dla układu mas:

$$m_0 + m_4$$

$$m_0 + m_1 + m_4$$

$$m_0 + m_4 + m_5$$

$$m_0 + m_2 + m_4 + m_5$$

$$m_0 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5$$

7. Przeprowadzić pomiary opisane w punktach 1, 2, 4, 5, 6 dla drugiego drutu. (Nie obowiązuje studentów wykonujących ćwiczenia w ciągu 90 min.)

## Tabela pomiarowa

Rodzaj drutu	Długość drutu $l$ [m]	Średnica drutu $2r$ [m]	Średnica krążka $2R$ [m]	Masa krążka $m$ [kg]	Czas $10 T$ [s]

## IV. Opracowanie wyników pomiarów

Zgodnie z teorią ruchu harmonicznego, okres drgań wahadła torsyjnego jest równy:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{B}{D}} \quad (1)$$

$$D = \frac{\pi Gr^4}{2l} \quad (2)$$

B – moment bezwładności,

D – moment kierujący,

G – moduł sztywności,

r – promień drutu,

l – długość drutu.

Dla wahadła z dołączoną bryłą o znanym momencie bezwładności  $B_1$ , okres drgań wyraża się wzorem:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{B + B_1}{D}} \quad (3)$$

stad

$$T_1^2 = \frac{4\pi^2 B}{D} + \frac{4\pi^2 B_1}{D} \quad (4)$$

Równanie to można zapisać w postaci:

$$y = b + ax, \quad y = T_1^2, \quad b = T_0^2 = \frac{4\pi^2 B}{D}, \quad a = \frac{4\pi^2 B_1}{D} \quad (4a)$$

W celu doświadczalnego potwierdzenia zależności (4) należy wykreślić krzywą  $T_1^2 = f(B_1)$ .

Moment bezwładności:

$$B_1 = \frac{mR^2}{2} \quad \text{gdzie: } m \text{ – masa dodatkowych krążków obciążających tarczę,}$$

$$R \text{ – promień krążka.}$$

Na podstawie danych do wykresu metoda regresji liniowej obliczyć wartość a i b. Korzystając ze związków (4a) obliczyć: moment kierujący D, moduł sztywności G i moment bezwładności tarczy B.

Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników.

## Tabela wyników obliczeń

Rodzaj drutu	Moment kierujący $D \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$	Moduł sztywności $G \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$	Moment bezwładności B [kg m <sup>2</sup> ]