

Ćwiczenie nr 1

Wyznaczenie elipsoidy bezwładności bryły sztywnej

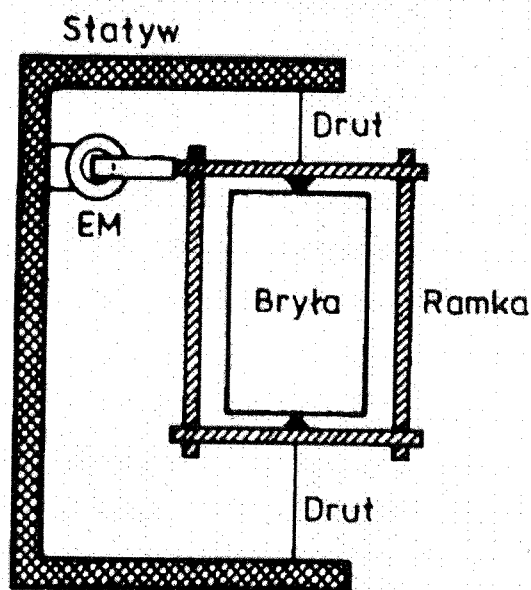
I. Zestaw przyrządów

1. Wahadło torsyjne
2. Elektroniczny licznik czasu i ilości drgań
3. Komplet badanych brył
4. Komplet brył wzorcowych (walce o różnych promieniach i masach)
5. Suwmiarka
6. Waga laboratoryjna

II. Cel ćwiczenia

Wyznaczenie momentu bezwładności bryły sztywnej względem różnych osi przechodzących przez środek masy bryły.

III. Schemat wahadła

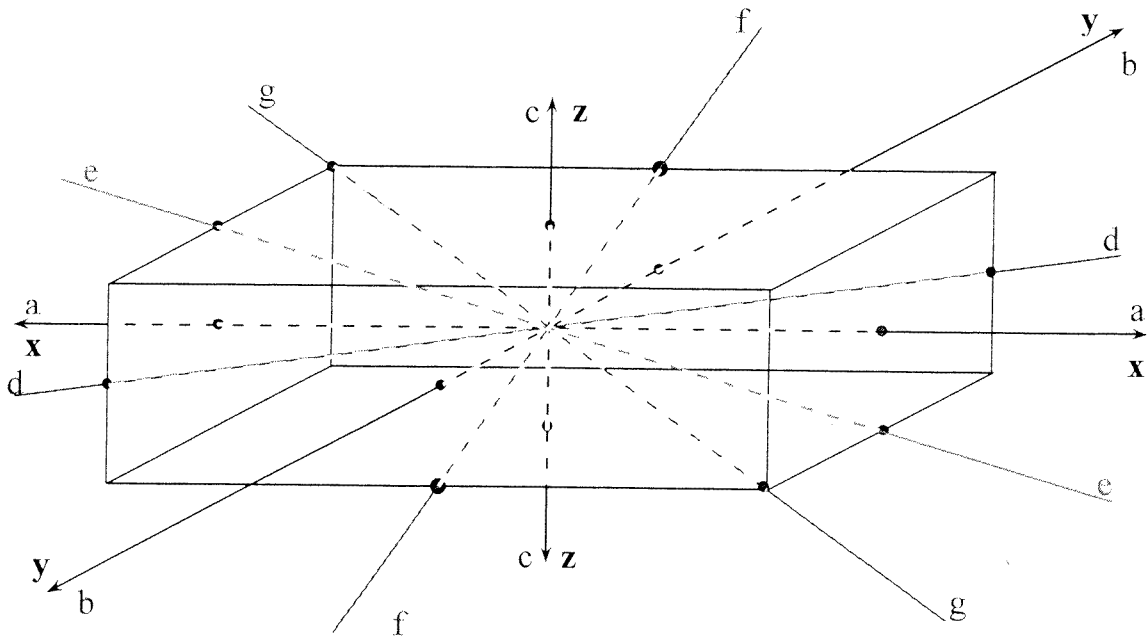


Rys. 1

IV. Przebieg pomiarów :

1. Zamocować badaną bryłę w uchwycie ramki wzdłuż zadanej osi obrotu „i” przechodzącej przez środek masy bryły; wśród tych osi są trzy osie główne: a, b, c (patrz rys. 2)

*



Rys. 2

2. Ustawić elektromagnes wahadła na wybrany kąt α i zamocować go nakrętką do płyty. Tak dobrać kąt α aby wahadło wykonało kilkadziesiąt drgań.
3. Obrócić ramkę wahadła do położenia, w którym jest utrzymywana przez elektromagnes i wyłączyć prąd płynący przez elektromagnes. Ramka zostaje zwolniona i wykonuje drgania obrotowe.
4. Zmierzyć czas t_1 trwania $n = 50$ drgań przy pomocy układu elektronicznego, który z chwilą wyłączenia prądu uruchamiany jest automatycznie. Odczyt cyfrowy mierzonego czasu i liczby drgań następuje po naciśnięciu przycisku STOP. Przycisk należy wcisnąć tuż po wyświetleniu $n - 1$ drgań.
5. Pomiar czasu t_1 dla 50 wahań powtórzyć kilka razy.
6. Analogiczne pomiary czasu przeprowadzić dla wszystkich osi badanej bryły.
7. Wyjąć badaną bryłę z uchwytu ramki i zmierzyć kilka razy czas t_2 dla $n = 50$ drgań samej ramki.
8. Zamocować w uchwycie ramki walec tak, aby oś obrotu układu była osią walca.
9. Wyznaczyć kilkakrotnie czas t_3 trwania $n = 50$ drgań układu
10. Wyjąć walec z uchwytu ramki i zmierzyć kilka razy w różnych miejscach średnicę $2R$ walca.
11. Zważyć walec na wadze laboratoryjnej.

*

V. Opracowanie wyników

1. W oparciu o wcześniej wykonane pomiary czasu t trwania n wahań obliczyć okresy drgań względem zadanej osi „i” i ich niepewności:

a) układu badana bryła – ramka $T_{li} = \frac{t_{li}}{n}$

b) samej ramki $T_2 = \frac{t_2}{n}$

c) układu walec ramka $T_3 = \frac{t_3}{n}$

2. Obliczyć moment bezwładności walca i jego niepewność korzystając ze wzoru

$$I_w = \frac{1}{2} mR^2$$

gdzie: m - masa walca

3. W oparciu o wzór

$$I_i = \frac{T_{li}^2 - T_2^2}{T_3^2 - T_2^2} \cdot I_w \quad (1)$$

obliczyć momenty bezwładności i ich niepewności badanej bryły względem zadanej osi „i” (osi głównych a, b, c i pozostałych)

4. Korzystając ze wzorów

$$a = \frac{1}{\sqrt{I_a}}, \quad b = \frac{1}{\sqrt{I_b}}, \quad c = \frac{1}{\sqrt{I_c}} \quad (2)$$

obliczyć półosie a, b, c elipsoidy bezwładności.

5. Korzystając z podobnych zależności obliczyć długości odcinków d, e, f, g. Są to odległości między środkiem elipsoidy bezwładności, a punktami przecięcia powierzchni elipsoidy bezwładności leżące na osiach obrotu, względem których zostały wyznaczone momenty bezwładności I_d, I_e, I_f, I_g .

6. Wykreślić elipsoidę bezwładności

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (3)$$

gdzie : x, y, z są współrzędnymi punktów na powierzchni elipsoidy w prostokątnym układzie współrzędnych x, y, z, którego początek (punkt 0) znajduje się w środku masy, a kierunki osi układu są zgodne z kierunkami głównych osi bezwładności.

W praktyce nie wykreśla się elipsoidy, lecz elipsy

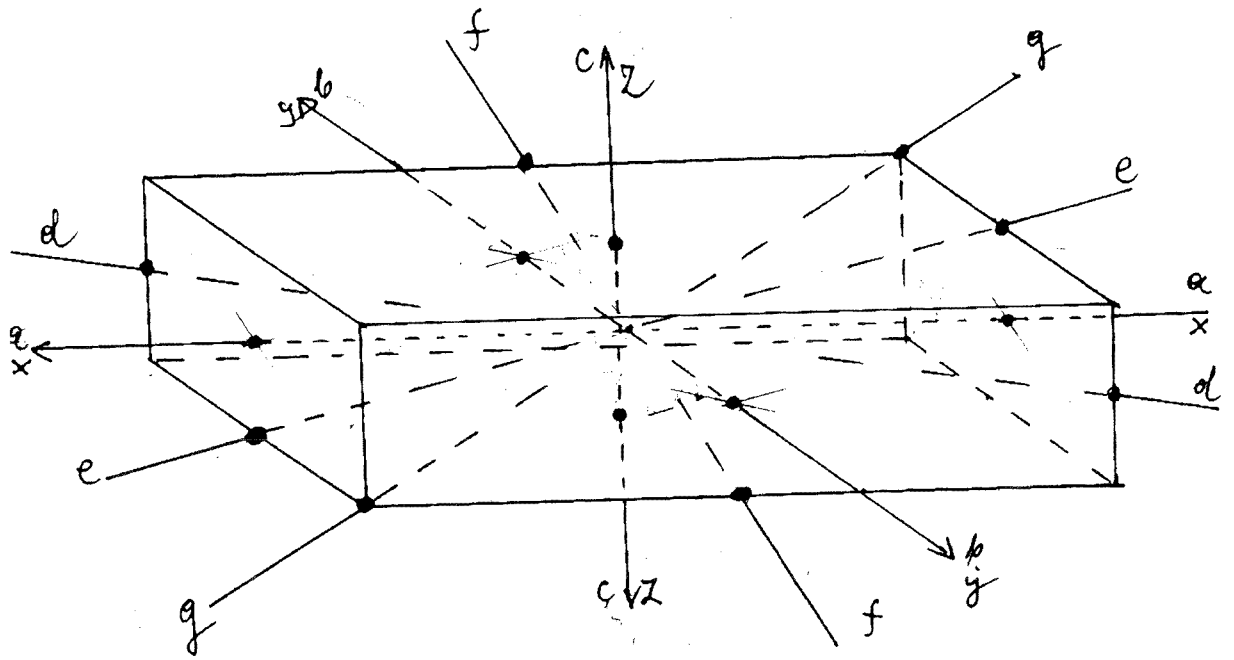
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1; \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1; \quad \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (4)$$

powstałe w wyniku przecięcia elipsoidy bezwładności wzajemnie prostopadłymi płaszczyznami (x,y), (x,z), (y,z)

7. W oparciu o wymiary liniowe badanych brył obliczyć kąty nachylenia poszczególnych osi obrotu „i” z odpowiednimi osiami głównymi bryły (lub osiami układu współrzędnych x, y, z)

*

8. Wykreślić kierunki tych osi na właściwych elipsach (4) i zmierzyć odległość między środkiem danej elipsy a punktem przecięcia elipsy przez wybraną oś „i” (nie będącą osią główną). Porównać otrzymane wyniki z wynikami otrzymanymi na podstawie obliczeń (wzór 2)
9. W oparciu o obliczone długości odcinków d, e, f, g obliczyć momenty bezwładności badanej bryły względem odpowiednich osi „i” i porównać je z momentami obliczonymi według wzoru (1)
10. W celu wyznaczenia odpowiednich kątów pomiędzy różnymi osiami, zmierzyć suwmiarką wymiary badanych brył i sprawdzić, że prostopadłościan o podstawie prostokątnej ma wymiary 5:3:2, prostopadłościan o podstawie kwadratowej 2:1:1, a sześcian 1:1:1.



sys 2

