

Лабораторна робота № 1-07
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНІВ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ЗА
ДОПОМОГОЮ МАЯТНИКА ОБЕРБЕКА

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ Й ОПИС УСТАНОВКИ

Момент інерції характеризує інертність тіла при обертальному русі.

Моментом інерції матеріальної точки відносно якої-небудь осі називається добуток її маси на квадрат відстані від цієї осі:

$$J_i = \Delta m_i r_i^2,$$

Моментом інерції тіла відносно якої-небудь осі називається сума моментів інерції всіх точок (рис.1) тіла відносно цієї осі:

$$J = \sum_{i=1}^N \Delta m_i r_i^2,$$

Для тіла густиною ρ момент інерції може бути обчислений інтегруванням

$$J = \int_V r^2 \rho dV$$

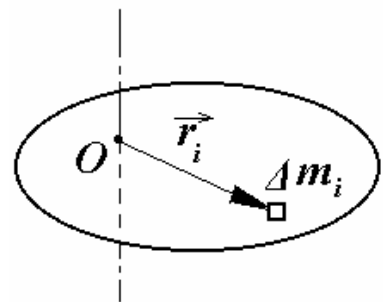


Рис. 1

де dV - елемент об'єму, ρ – густина тіла.

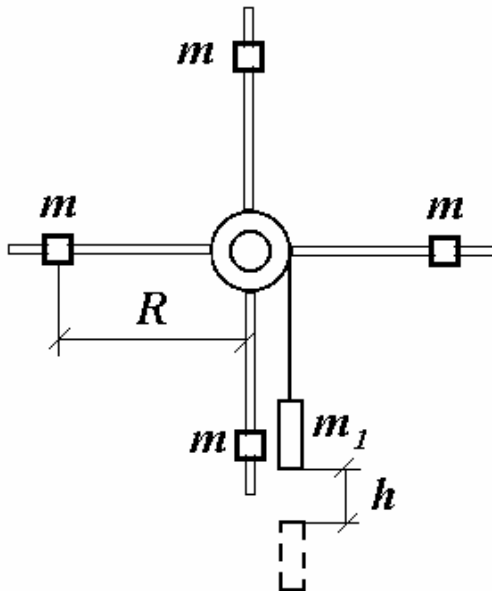


Рис. 2

Інтегрування повинне бути поширене на весь об'єм тіла V , Як видно з наведених формул, момент інерції, як і маса тіла, залежить не від характеру руху, а від розмірів і густини тіла. Момент інерції має розмірність

$$\dim J = ML^2$$

Маятник Обербека являє собою хрестовину, що складається з чотирьох стержнів з поділками, прикріплених до втулки з віссю (рис. 2).

На стержні одягаються однакові тягарці масою m_1 , що можуть бути закріплені на різній відстані від осі обертання. На вісь обертання маятника насаджено два легкі шківів з різними радіусами r_1 і r_2 . На шківів намотується шнур, до вільного кінця якого прикріплюється

тягарець масою m . Під дією тягарця шнур розмотується і приводить маятник у рівноприскорений обертальний рух. Положення тягарця m визначається за шкалою з поділками.

Момент інерції маятника J можна визначити на основі другого закону динаміки для обертального руху.

$$J = \frac{M}{\varepsilon}. \quad (1)$$

де M – обертальний момент, що діє на маятник; $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ – кутове прискорення маятника.

Кутове прискорення можна знайти, вимірюючи висоту h і час t падіння тягарця масою m :

$$h = \frac{at^2}{2}, \quad a = \frac{2h}{t^2}, \quad \varepsilon = \frac{a}{r} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{2h}{rt^2}$$

(a – лінійне прискорення)

За другим законом Ньютона для поступального руху

$$ma = mg - F$$

де F – сила натягу шнура.

Сила, що діє на шків, дорівнює силі натягу шнура:

$$F = mg - ma = m(g - a), \quad (3)$$

силою тертя нехтуємо, тоді

$$M = Fr = m(g - a)r = m\left(g - \frac{2h}{t^2}\right)r, \quad (4)$$

При визначеному розташуванні тягарців на хрестовині момент інерції маятника залишається постійним. При збільшенні відстані тягарців від осі обертання момент інерції маятника збільшується.

2. ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ РОБОТИ.

1. Розміщують тягарці m_1 на однаковій відстані від осі обертання.

2. Підвішують до шнура тягарець масою m . Відмічають за шкалою найбільш низьке положення l_1 тягарця m .

3. Намотують шнур на шків радіуса r_1 і відмічають за шкалою найвище положення l_2 тягарця. Тоді $h = l_2 - l_1$.

4. Відпускають маятник, одночасно вмикаючи секундомір. У момент, коли шнур повністю розмотається, секундомір вимикають і записують час опускання тягарця t_1 .

5. Визначають час t_1 три рази і за середнім значенням обчислюють ε_1 і M_1

$$\varepsilon_2 = \frac{2h}{t_1^2 r_1}; \quad M_1 = m(g - \frac{2h}{t_1^2})r_1$$

6. Обчислюють $J_1 = \frac{M_1}{\varepsilon_1}$.

7. Повторюють дослід за умови, що шнур намотаний на шків радіуса r_2 . В цьому випадку

$$\varepsilon_2 = \frac{2h}{t_2^2 r_2}; \quad M_2 = m(g - \frac{2h}{t_2^2})r_2$$

8. Обчислюють $J_2 = \frac{M_2}{\varepsilon_2}$.

Переконаються, що момент інерції не залежить від обертального моменту M і кутового прискорення ε .

9. Знаходять середнє значення моменту інерції $\bar{J} = \frac{1}{2}(J_1 + J_2)$

10. Результати вимірювань зводять в таблицю.

| № п/п | r , m | l_1 , m | l_2 , m | $h = l_2 - l_1$ m | t , c | $\varepsilon = \frac{2h}{t^2 r}$, c^{-2} | $M = m(g - \frac{2h}{t^2})r$, $кг м^2 c^{-2}$ | $J_i = \frac{M_i}{\varepsilon_i}$, $кг м^2$ |
|----------|--------------|----------------|----------------|------------------------|--------------|--|---|---|
|----------|--------------|----------------|----------------|------------------------|--------------|--|---|---|

Вправа 2.

1. Змінюють положення тягарців на хрестовині за вказівкою викладача і повторюють вимірювання J' .

2. Визначають середнє значення моменту інерції маятника при новому положенні тягарці в на хрестовині.

3. Порівнюють значення J' зі значенням J . Знаходять відношення J'/J .

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ.

1. Як математично виражається момент інерції тіла?
2. Який закон покладено в основу виведення розрахункової формули?
3. Запишіть другий закон динаміки для обертального руху.
4. Чому у випадку, якщо тягарці розташовані ближче до осі обертання, час руху менше?
5. Чи при будь-якому розташуванні мас на хрестовині їх можна вважати точковими?
6. В яких одиницях виражається момент інерції в СІ?
7. Як практично визначити силу тертя під час руху маятника?
8. За якою формулою розраховується кутове прискорення маятника?
9. В яких одиницях виражається кутове прискорення в СІ?