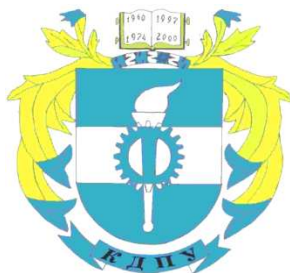


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИКА»
«ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ МАХОВОГО КОЛЕСА
ТА СИЛИ ТЕРТЯ В ОПОРІ»
(РОЗДІЛ «МЕХАНІКА І МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА»)
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ
ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

КРЕМЕНЧУК 2011

Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «**Фізика**» «Визначення моменту інерції махового колеса та сили тертя в опорі» (розділ «Механіка і молекулярна фізика») для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання

Укладач: старш. викл. О.І.Лисенко

Рецензент д.т.н., проф. О.І.Єлізаров

Кафедра фізики

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №_____ від _____

Заступник голови методичної ради _____доц. С.А.Сергієнко

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1-13

ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ МАХОВОГО КОЛЕСА ТА СИЛИ ТЕРТЯ В ОПОРІ

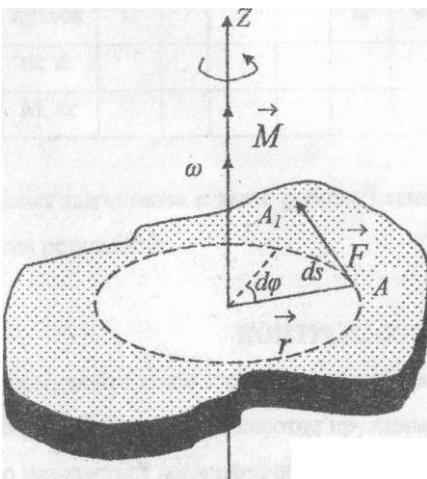
ТЕМА РОБОТИ: Динаміка обертального руху твердого тіла.

МЕТА РОБОТИ: Вивчення обертального руху тіла, закону збереження енергії та визначення моменту інерції махового колеса та сили тертя в опорі.

ТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Прилад для визначення моменту інерції, штангенциркуль, секундомір, лінійка, терези з важками.

1 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ



Розглянемо обертання твердого тіла навколо нерухомої осі OZ (рис.1). Визначимо роботу, яку виконує головний момент зовнішніх сил M при повертанні тіла на певний кут $d\varphi$ навколо нерухомої осі. Нехай до тіла, що обертається, прикладений головний вектор зовнішніх сил \vec{F} дотично до траєкторії руху точки A. Абсолютне значення моменту $M = F \cdot r$. Нехай за якийсь проміжок часу тіло повернулося на кут $d\varphi$, а точка A пройшла дугу ds і набула положення A_i .

Елементарна робота сили \vec{F} дорівнює $\delta A = F \cdot ds = F \cdot d\varphi \cdot r = M \cdot d\varphi$. Якщо момент сили M є величиною сталою, то робота, що виконується при повороті тіла на кут φ , дорівнює добутку моменту сили M на кут повороту φ :

$$A = M \cdot \varphi.$$

Знайдемо вираз для кінетичної енергії тіла, що обертається навколо нерухомої осі OZ з постійною кутовою швидкістю ω . Виберемо i-й елемент масою m_i . Його кінетична енергія

$$\Delta E_{Ki} = \frac{\Delta m_i v_i^2}{2},$$

де v_i - лінійна швидкість і-го елемента, яка пов'язана з кутовою швидкістю виразом $v_i = \omega \cdot r_i$. Тоді

$$\Delta E_K = \frac{\Delta m_i \omega^2 r_i^2}{2}.$$

Звідси маємо

$$E_K = \sum_{i=1}^n \Delta E_{Ki} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta m_i \omega^2 r_i^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2 = \frac{I \omega^2}{2},$$

де $I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$ - момент інерції тіла відносно вісі обертання.

Таким чином, кінетична енергія тіла, що обертається навколо нерухомої осі, дорівнює:

$$E_K = \frac{I \omega^2}{2}$$

При коченні твердого тіла його кінетична енергія дорівнює сумі кінетичної енергії поступального руху зі швидкістю V та кінетичної енергії обертання тіла з кутовою швидкістю навколо миттєвої осі, що проходить через центр мас:

$$E_K = \frac{m \cdot v_c^2}{2} + \frac{I \cdot \omega^2}{2},$$

де v_c - швидкість центру мас,

I - момент інерції тіла відносно миттєвої осі обертання.

2 МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ

Прилад (рис 2) складається з махового колеса А насадженого на вал В, що закріплений у двох шарикопідшипниках C_1 і C_2 . На шків О вала намотується

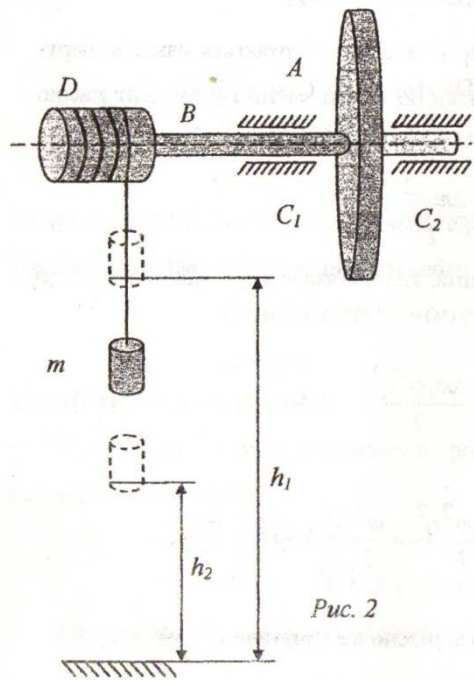


Рис. 2

шнур, до одного з кінців якого прикріплений тягар масою m . Потенціальна енергія тягаря на висоті h_1 дорівнює:

$$E_{п1} = m \cdot g \cdot h_1.$$

Якщо надати можливість тягарю падати, то потенціальна енергія перетворюється у кінетичну енергію поступального руху тягаря:

$$E_{Кпос} = \frac{m \cdot v^2}{2},$$

а також у кінетичну енергію обертального руху махового колеса:

$$E_{Коб} = \frac{I \cdot \omega^2}{2},$$

і частина потенціальної енергії витрачається на виконання роботи щодо подолання сили тертя в опорі:

$$A = F \cdot h_1.$$

Згідно із законом збереження енергії:

$$m \cdot g \cdot h_1 = \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{I \cdot \omega^2}{2} + F \cdot h_1, \quad (1)$$

де v – швидкість тягаря у нижній точці його траєкторії – перед зіткненням із долівкою,

h_1 – шлях, пройдений тягарем,

I – момент інерції махового колеса,

F – сила тертя в опорі.

Оскільки рух тягаря рівноприскорений (початкова швидкість дорівнює нулю), то:

$$h_1 = \frac{a \cdot t^2}{2}, \quad (2)$$

$$v = a \cdot t, \quad (3)$$

де a – прискорення руху тягаря, t - час опускання тягаря з висоти h_1 .

Тоді лінійна швидкість точок на ободі колеса:

$$v = \frac{2 \cdot h_1}{t}. \quad (4)$$

Кутова швидкість колеса визначається формулою:

$$\omega = \frac{v}{r},$$

$$\omega = \frac{2 \cdot h_1}{r \cdot t}, \quad (5)$$

де r – радіус шківів.

Силу тертя визначимо з таких міркувань: махове колесо, обертаючись за інерцією, підіймає тягар на висоту $h_2 < h_1$. Потенціальна енергія тягаря на висоті h_2 буде:

$$E_{п2} = m \cdot g \cdot h_2.$$

Робота щодо подолання сили тертя в опорах C_1 і C_2 дорівнює зміні потенціальної енергії тягаря, тобто:

$$A = \Delta E_{п}$$

$$F \cdot (h_1 + h_2) = -(m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1),$$

$$F = \frac{m \cdot g \cdot (h_1 - h_2)}{h_1 + h_2} \quad (6)$$

Відносну похибку визначення сили тертя в опорі визначають за формулою:

$$E_1 = \frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{h_1 - h_2} + \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{h_1 + h_2}. \quad (7)$$

Підставивши до рівняння (1) вирази для v , ω , F , згідно з (4)-(6), матимемо формулу для визначення моменту інерції махового колеса:

$$I = m \cdot r^2 \cdot \left(\frac{g \cdot h_2 \cdot t^2}{h_1 \cdot (h_1 + h_2)} - 1 \right).$$

Оскільки радіус шківів $r = d/2$, де d – діаметр шківів, то момент інерції:

$$I = \frac{m \cdot d^2}{4} \cdot \left(\frac{g \cdot h_2 \cdot t^2}{h_1 \cdot (h_1 + h_2)} - 1 \right) \quad (8)$$

Відносна похибка визначення моменту інерції дорівнює:

$$E_2 = \frac{\Delta I}{I} + 2 \cdot \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta h_1}{h_1} + \frac{\Delta h_2}{h_2} + 2 \cdot \frac{\Delta t}{t} + \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{h_1 + h_2}. \quad (9)$$

3 ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Штангенциркулем вимірюють діаметр шківів d . За абсолютну похибку вимірювання діаметра шківів беруть похибку одиничного вимірювання.

2. Намотують на шків D шнур і піднімають тягар до висоти h_1 .

3. Визначають час t падіння тягара з висоти h_1 . Для цього одночасно відпускають маховик і вмикають секундомір. У момент проходження тягарем нижнього положення секундомір вимикають. За абсолютну похибку беруть похибку одиничного вимірювання.

4. Визначають висоту h_2 , на яку піднімається тягар після опускання. За абсолютні похибки Δh_1 і Δh_2 приймають подвоєні номінальні похибки.

5. Повторюють описані вище досліди ще два рази.

6. Обчислюють три значення моменту інерції маховика та сили тертя в опорі за формулами (8) і (6).

7. За формулами (7) та (9) обчислюють відносні похибки вимірювань моменту інерції та сили тертя в опорі.

8. Результати вимірювань та обчислень заносять до таблиці.

№	d , м	h_1 , м	t , с	h_2 , м	I , кг·м ²	$\langle I \rangle$, кг·м ²	E_2 , %	F , Н	$\langle F \rangle$, Н	E_1 , %	ΔI , кг·м ²	ΔF , Н
1												
2												
3												
$I = \langle I \rangle \pm \Delta I$, кг·м ²							$F = \langle F \rangle \pm \Delta F$, Н					

Зміст звіту: назва та номер лабораторної роботи, ескіз установки, розрахункові формули, таблиця результатів роботи.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1.Що називають моментом інерції тіла? У яких одиницях його вимірюють?
- 2.Запишіть та поясніть формулу роботи зовнішньої сили під час обертання.
- 3.Виведіть формулу кінетичної енергії тіла, що обертається навколо нерухомої вісі.
- 4.Запишіть та поясніть формулу кінетичної енергії тіла, що котиться.
- 5.Який закон покладено в основу виведення розрахункової формули для моменту інерції?
- 6.Виведіть розрахункові формули для визначення сили тертя в опорі та моменту інерції махового колеса.
- 7.Який буде характер руху махового колеса за відсутності сили тертя?
- 8.Визначити кінетичну енергію кулі, що котиться без ковзання по горизонтальній поверхні. Момент інерції кулі вважати $0,4mr^2$.
- 9.Як визначити прискорення тягара в даній лабораторній роботі?
- 10.Визначити кінетичну енергію диску, що котиться без ковзання по горизонтальній поверхні. Момент інерції диску дорівнює $0,5mr^2$.
- 11.Яку роботу треба виконати, щоб нерухомому диску масою m і радіусом r надати швидкості обертання, яка відповідає його моменту інерції $0,5mr^2$. Вісь диску вважати нерухомою.
- 12.Яку роботу треба виконати (за умовою попередньої задачі), щоб диск котився по горизонтальній площині без ковзання?

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Детлаф А.А., Яворський Б.М. Курс фізики. – М.:Вищ. шк., 1989.
- 2.Кртнев А.В. та інші. Практикум з фізики. – М.:Вищ. шк., 1961.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторної роботи з навчальної дисципліни «**Фізика**» «Визначення моменту інерції махового колеса та сили тертя в опорі» (розділ «Механіка і молекулярна фізика») для студентів технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання

Укладач: старш. викл. О.І.Лисенко

Відповідальний за випуск зав. кафедри фізики О.І.Єлізаров

Підп. до др. _____. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600