

Лабораторная работа №18

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАХОВОГО КОЛЕСА И СИЛЫ ТРЕНИЯ В ОПОРЕ

Цель работы: определение момента инерции махового колеса с учётом трения в опоре.

Приборы и принадлежности: прибор, состоящий из махового колеса, укрепленного на стене, масштабная линейка, штангенциркуль, секундомер, шнурок с грузом.

Теория метода

Момент инерции тела I относительно оси есть физическая величина, являющаяся мерой инертности тела во вращательном движении вокруг этой оси и равная

$$I = \int_m r^2 dm.$$

где r – расстояние элемента массы dm до оси вращения. Интегрирование проводится по всей массе тела m .

Моментом инерции материальной точки относительно данной оси называется величина

$$I = mr^2,$$

где m – масса материальной точки, r – расстояние от точки до оси.

Момент инерции тела равен сумме моментов инерции его отдельных материальных точек, т.е.

$$I = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2,$$

где m_i – масса i -й точки, r_i – расстояние i -й точки до оси, n – число всех материальных точек, составляющих данное тело.

Моменты инерции относительно оси симметрии Ox однородных тел простой формы массы m :

1. Момент инерции тонкостенного кольца (обруча) радиусом R :

$$I_x = mR^2$$

2. Момент инерции диска (цилиндра) радиусом R :

$$I_x = \frac{1}{2} mR^2.$$

3. Момент инерции тонкостенного кольца (обруча) радиусом R :

$$I_x = \frac{1}{2} m (R^2 + r^2)$$

Кинетическая энергия вращательного движения E_k тела вокруг оси Ox равна

$$E_k = \frac{I_x \omega_x^2}{2},$$

где ω_x – значение проекции угловой скорости вращения тела на ось Ox .

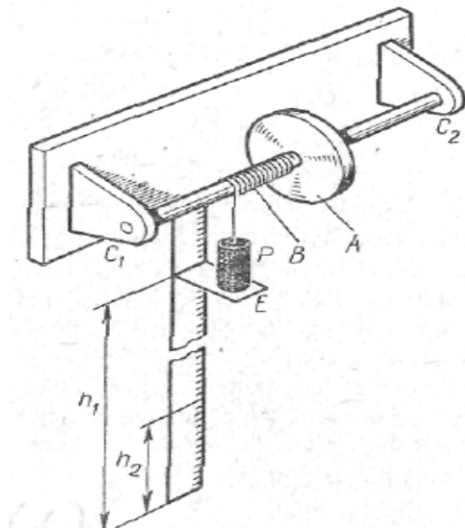


Рис. 1.

Момент инерции махового колеса и силу трения вала B в опоре можно определить при помощи прибора, изображённого на рисунке. Прибор состоит из махового колеса A , насаженного на B . Вал установлен на шарикоподшипниках C_1 и C_2 .

Маховое колесо приводится во вращательное движение грузом P . Груз P на какой-то высоте h_1 обладает потенциальной энергией mgh_1 , где m — масса груза.

Если предоставить возможность грузу P падать, то потенциальная энергия mgh_1 перейдёт в

кинетическую энергию поступательного движения груза $\frac{mV^2}{2}$, кинетическую энергию движущегося прибора $\frac{I\omega^2}{2}$ и на работу $A = fh_1$ по преодолению силы трения f в опоре.

По закону сохранения энергии

$$mgh_1 = \frac{mV^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + fh_1. \quad (1)$$

Движение груза равноускоренное без начальной скорости, поэтому ускорение a и скорость V равны:

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

где t — время опускания груза с высоты h_1 .

Угловая скорость махового колеса определяется по формуле:

$$\omega = \frac{V}{r} = \frac{2h_1}{tr}, \quad (3)$$

где r — радиус вала B .

Сила трения f вычисляется следующим образом. Колесо, вращаясь по инерции, поднимает груз на высоту $h_2 < h_1$. Потенциальная энергия груза на высоте h_2 равна:

$$E_2 = mgh_2$$

Уменьшение потенциальной энергии при подъеме груза равно работе по преодолению силы трения в опорах C_1 и C_2 , т. е.

$$mgh_1 - mgh_2 = f(h_1 + h_2).$$

Откуда

$$f = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2}. \quad (4)$$

Подставляя в формулу (1) значения V , ω и f из (2), (3) и (4), получаем выражение для вычисления момента инерции махового колеса:

$$I = mr^2 \left(gt^2 \frac{h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 1 \right). \quad (5)$$

Выполнение работы

1. С помощью штангенциркуля измерьте радиус вала r .
2. Масса грузов выбита на их боковой поверхности, масса крепления m_0 указана на установке.
3. Наматывая на вал B шнур, поднимите груз массы m до высоты h_1 .
4. Опустите груз и, включив секундомер, измерьте время падения груза с высоты h_1 .
5. Определите высоту h_2 , на которую по инерции поднимается груз. Измерения повторите 5 раз.
6. По формуле (4) вычислите силу трения в опоре.
7. По формуле (5) найдите момент инерции махового колеса. Результаты вычислений внесите в табл. 1.

Таблица 1.

m , кг	№	h_1 , м	h_2 , м	t , с	f , Н	I , кг·м ²	ΔI , кг·м ²	ε , %
	1							
	...							
	5							
	Ср.							
	1							
	...							
	5							
	Ср.							
	1							
	...							
	5							
	Ср.							

Дополнительно для студентов кафедры физики и микроэлектроники: с помощью штангенциркуля измерьте радиус R и толщину h махового колеса и вычислите теоретический момент инерции по формуле

$$I_{теор} = \frac{1}{2} mR^2 = \frac{1}{2} \pi R^2 h \rho R^2 = \frac{1}{2} \pi \rho h R^4,$$

где $\rho = 7700 \text{ кг/м}^3$ – плотность стали.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
2. Выведите формулы (5) для момента инерции махового колеса.
3. Что обозначает величина $f(h_1+h_2)$?
4. Запишите формулу для момента инерции диска.
5. Как изменится момент инерции диска, если увеличить его диаметр в два

раза?

б. От какой точки надо измерять величины h_1 и h_2 ?

Литература:

1. Майсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики. - М.: Высш. шк., 1970.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика - М.: Наука, 1977.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1.- М.: Наука, 1982.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Высш. шк., 1990.