

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе № 6

ИЗУЧЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА МАЯТНИКЕ ОБЕРБЕКА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №6

ИЗУЧЕНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ НА МАЯТНИКЕ ОБЕРБЕКА

Цель работы – проверить основной закон динамики вращательного движения.

Приборы и принадлежности: маятник Обербека, грузы, секундомер, штангенциркуль.

Описание экспериментальной установки

Для выполнения работы используется маятник Обербека, который схематически показан на рис. 1. Он представляет собой крестовину, состоящую из четырёх стержней, укрепленных на втулке под прямым углом.

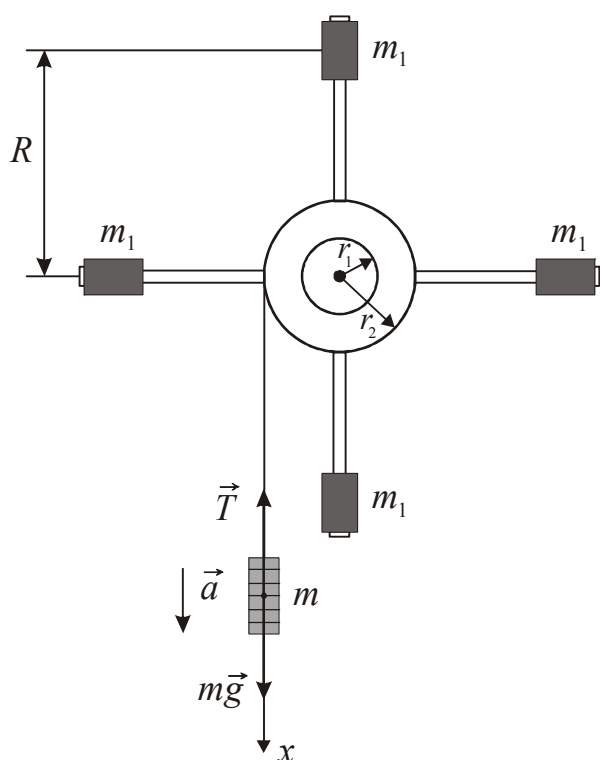


Рисунок 1

На ту же втулку насажены два шкива различных радиусов (r_1 и r_2). На стержнях находятся грузы массой m_1 каждый. Ось закреплена в подшипниках так, что вся система может вращаться вокруг горизонтальной оси. Передвигая грузы по стержням, можно изменять момент инерции J маятника. На шкивы наматывается нить, к которой привязана платформа с грузом известной массы m . Нить натягивается и создаёт вращающий момент, который можно изменять, перематывая нить со шкива на шкив.

Общие положения

Вращение твёрдого тела постоянной массы вокруг неподвижной оси описывается основным законом динамики вращательного движения

$$M = J\varepsilon, \quad (1)$$

где M – момент внешних сил, действующих на тело;

J – момент инерции тела;

ε – угловое ускорение.

Момент инерции J_1 всей вращающейся системы относительно оси вращения складывается из момента инерции крестовины и момента инерции грузов:

$$J_1 = J_0 + 4m_1R_1^2, \quad (2)$$

где J_0 – момент инерции крестовины без грузов относительно оси вращения;
 R_1 – расстояние от оси вращения до середины груза;
 m_1 – масса груза на стержне.

При изменении расстояния R от оси вращения до грузов m_1 , момент инерции системы изменится и станет равным:

$$J_2 = J_0 + 4m_1R_2^2 \quad (3)$$

Вычтем одно выражение из другого

$$J_2 - J_1 = 4m_1(R_2^2 - R_1^2) \quad (4)$$

Правая часть равенства может быть вычислена по данным m_1, R_1, R_2

Значения J_1 и J_2 определим с помощью основного закона динамики вращательного движения (1). Вращающий момент M создаётся силой натяжения нити T . Он равен произведению силы натяжения нити на плечо. Плечом является радиус шкива.

Силу натяжения нити определим из второго закона Ньютона. На груз массой m действуют две силы: сила тяжести mg и сила натяжения нити T . Под действием этих сил он движется вниз равноускоренно с ускорением a . Запишем второй закон Ньютона в проекции на направление движения:

$$mg - T = ma.$$

отсюда

$$T = m(g - a) \quad (5)$$

Вращающий момент:

$$M = Tr = m(g - a)r. \quad (6)$$

Подставив выражение (6) в формулу (1), найдем момент инерции вращающейся системы:

$$J = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{m \cdot (g - a) \cdot r}{\varepsilon} \quad (7)$$

Угловое и линейное ускорения связаны соотношением:

$$a = \varepsilon r. \quad (8)$$

Груз m движется равноускоренно, поэтому:

$$h = \frac{at^2}{2}.$$

Отсюда

$$a = \frac{2h}{t^2},$$

тогда

$$\varepsilon = \frac{2h}{t^2 r}.$$

Подставляя значения a и ε в выражение (7), получим:

$$J = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \quad (9)$$

По формуле (9) можно вычислить J_1 и J_2 , затем разность моментов инерции и проверить равенство (4), выполнение которого подтверждает справедливость основного закона динамики вращательного движения.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины измеряются непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой рассчитывается момент инерции системы в данной работе. Поясните смысл обозначений.

Выполнение работы

1. Измерить штангенциркулем диаметр d большого шкива.
2. Измерить высоту h падения груза m от нуля линейки до пола.
3. Закрепить грузы m_1 посередине стержней так, чтобы система находилась в состоянии безразличного равновесия. Записать значение массы m_1 груза на спице, указанное на установке.
4. Измерить расстояние R_1 от оси вращения до середины груза m_1 .
5. Записать значение массы m груза, который крепится к нити.
6. Прикрепить к свободному концу нити груз массы m и намотать нить на большой шкив так, чтобы нижний торец груза установился напротив нулевой отметки линейки.
7. Отпустить груз m , одновременно пустив в ход электрический секундомер, и измерить время t падения груза.
8. Опыт повторить три раза. Найти среднее значение времени падения груза.
9. Измерить штангенциркулем диаметр d малого шкива.
10. Прикрепить к свободному концу нити груз массы m и намотать нить на малый шкив так, чтобы нижний торец груза установился напротив нулевой отметки линейки. Провести измерения согласно п. 7-8.
11. Расположить грузы m_1 на концах стержней. Измерить расстояние R_2 от оси вращения до середины груза m_1 .
12. Выполнить измерения согласно п. 6, 7, 8, наматывая нить сначала на большой шкив, а затем на малый.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. Вычислить моменты инерции J_1 и J_2 по формуле (9). Найти среднее значение момента инерции для каждого положения грузов.
2. Рассчитать разность моментов инерции (левая часть формулы (4)).
3. Рассчитать правую часть формулы (4), используя измеренные значения R_1 , R_2 и известное значение m_1 .
4. Сравнить результаты, полученные в п. 2 и п. 3.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Запишите формулу.
2. Дайте определение момента силы. Укажите единицу измерения. Как определяется направление момента силы?
3. Дайте определение момента инерции твердого тела. Укажите единицу измерения.
4. Какой вывод можно сделать из сравнения результатов, полученных в пунктах 2 и 3?

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе №6

Выполнил(а) _____

Группа _____

Масса грузов, закреплённых на спице $m_1 =$ _____Масса падающего груза $m =$ _____Высота падения груза $h =$ _____Диаметр большого шкива $d =$ _____Диаметр малого шкива $d =$ _____

№ п/п	r , мм	R , см	t_1 , с	t_2 , с	t_3 , с	$t_{\text{ср}}$, с	J , кг·м ²	Примечание
1								Грузы находятся на середине спиц
2								
среднее								
3								Грузы находятся на концах спиц
4								
среднее								

Дата _____

Подпись преподавателя _____