



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Физика»

Виртуальный практикум

Лабораторная работа № 21-В

«Определение момента инерции блока»

по дисциплине

«Физика»

Авторы
Жданова Т. П.,
Кудря А. П.,
Лемешко Г. Ф.

Ростов-на-Дону, 2021

Аннотация

Настоящая лабораторная работа посвящена определению момента инерции вращающегося блока.

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов всех форм обучения, изучающих физику, при подготовке и проведении учебного виртуального эксперимента, особенно при дистанционном обучении.

Авторы

к.ф.-м.н., доцент	кафедры	«Физика»
Жданова Т.П.,		
ст. преподаватель	кафедры	«Физика»
Кудря А.П.,		
к.ф.-м.н., профессор	кафедры	«Физика»
Лемешко Г.Ф.		

Оглавление

Краткая теория	4
Описание установки и вывод рабочих формул	5
Выполнение работы	6
Контрольные вопросы	8
Список литературы	8

Цель работы: Определить момент инерции вращающегося блока

Оборудование: ЭВМ с введенной в нее программой.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Моментом инерции материальной точки называется скалярная величина, равная произведению массы точки на квадрат расстояния от точки до оси вращения:

$$I = m \cdot r^2 .$$

Моментом инерции твердого тела называется сумма моментов инерции материальных точек, из которых состоит тело:

$$I = \sum_i m_i r_i^2 .$$

Момент инерции – это мера инертности при вращательном движении (в этом состоит физический смысл момента инерции).

Момент инерции зависит от массы тела и распределения массы относительно оси вращения.

Теорема Штейнера

$$I = I_c + ma^2 ,$$

где I_c – момент инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс; I – момент инерции этого тела относительно параллельной оси, отстоящей от первой на расстоянии a ; m – масса тела.

Моментом силы относительно неподвижной точки называется векторная физическая величина, определяемая векторным произведением радиус-вектора \vec{r} , проведенного из данной точки в точку приложения силы, на силу \vec{F} :

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] .$$

Модуль момента силы относительно неподвижной оси:

$$M = Fr \sin \alpha = Fl ,$$

где $l = r \sin \alpha$ – плечо силы (кратчайшее расстояние между линией действия силы и осью вращения); α – угол между направлениями силы и радиус-вектора. Направление момента силы совпадает с осью, относительно которой происходит вращение, и может быть определено по правилу буравчика.

Кинетическая энергия вращающегося тела

$$E_k = \frac{I\omega^2}{2}.$$

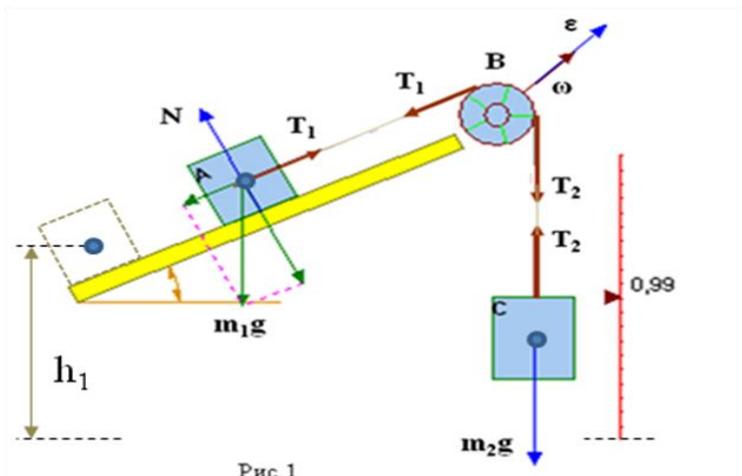
Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси z :

$$M_z = I_z \frac{d\omega}{dt} = I_z \varepsilon,$$

где $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение; I_z – момент инерции тела относительно оси z , M_z – момент силы относительно оси z .

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ И ВЫВОД РАБОЧИХ ФОРМУЛ

Установка состоит из наклонной плоскости, на конце которой установлен неподвижный блок, массой m . Через блок В перекинута невесомая нить, к концам которой прикреплены два тела А и С (рис.1).



Тело массой m_2 движется по вертикали, а тело массой m_1 – по наклонной плоскости. Трением пренебрегаем.

Рассмотрим энергетические преобразования в системе. В начальный момент тела системы обладали относительно нижнего положения тела m_2 (на рис.1 пунктирная линия) потенциальной энергией

$$E_{p1} = m_2 g \cdot h + m_1 g \cdot h_1,$$

где h_1 - положение тела m_1 относительно выбранного уровня.

Когда тело m_2 опустится до нижнего уровня, потенциальная энергия тел системы будет равна

$$E_{p2} = m_1 g \cdot (l \sin \alpha + h_1).$$

Изменение потенциальной энергии тел системы

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = -(m_2 g \cdot h - m_1 g \cdot l \sin \alpha). \quad (1)$$

Изменение кинетической энергии тел системы

$$\Delta E_k = \frac{(m_2 + m_1)v^2}{2} + \frac{I \cdot \omega^2}{2}, \quad (2)$$

где I – момент инерции блока, ω – максимальная угловая скорость блока.

В отсутствие сил трения система закон сохранения энергии имеет вид

$$\Delta E_k + \Delta E_p = 0. \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (1) - (3), с учетом $\omega = v/R$, $h = l = 2M$, позволяет определить момент инерции блока:

$$I = R^2 \left[\frac{(m_2 - m_1 \sin \alpha) 2gh}{v^2} - (m_1 + m_2) \right], \quad (4)$$

где v – скорость движения тел системы за время t .

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Открыть папку «Трибометр» и файл «Mechmodeling.exe».

2. В открывшемся окне установить:

- в правом верхнем углу - время анимации (желательно минимальное);
- угол наклона $\alpha = 10^\circ \div 23^\circ$;
- длина пути $l = 2M$;
- коэффициент трения $\mu = 0$;
- масса тела A ($m_1 = 1,0 \div 10,0 \text{ кг}$);
- масса и радиус блока B ($m = 1 \div 10 \text{ кг}$, $R = 0,1 \text{ м}$);
- масса тела C (масса сосуда) ($m_2 = 2 \text{ кг}$);
- масса жидкости ($m_{ж} = 0$);
- скорость уменьшения массы жидкости ($\Delta m = 0$).

3. В закладке «Метод» установить опцию «Эксперимент», а в закладке «Графики» - «Настройки». В опции «Настройки» очистить поле

графиков и активизировать графики углового ускорения ε и угловой скорости ω .

4. Закрыть панель настроек и нажать клавишу ввода в ЭВМ параметров . Параметры установки (угол α и m_1) изменять до тех пор, пока получатся зависимости $\varepsilon(t)$ и $\omega(t)$ для равноускоренного движения, аналогичные изображённым на рис.2.

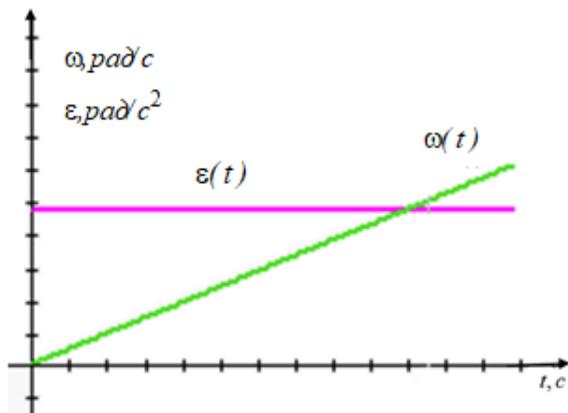


Рис. 2

Таблица

$h = 2\text{ м}, m = \quad, m_2 = \quad, R = 0,1\text{ м}, \alpha = \quad$										
№ п/п	m_1 кг	t , с	a , м/с ²	ε , рад/с ²	v м/с	ω , рад/с	I , кг·м ²	ΔI , кг·м ²	δI , %	M , Н·м
1	1									
2	2									
3	3									
4	4									
5	5									
СРЕДНИЕ						ЗНАЧЕНИЯ				

5. Для выбранного угла α последовательно увеличивать массу m_1 на 1 кг и записывать время прохождения грузами расстояния $h = 2m$.
6. Вычислить ускорение, по формуле $a = 2h/t^2$, угловое ускорение блока ($\varepsilon = a/R$), скорость тел ($v = a \cdot t$) и угловую скорость блока ($\omega = v/R$).
7. Повторить пункты (5-6) минимум 5 раз.
8. По формуле (4) вычислить момент инерции блока.
9. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
10. Вычислить среднее значение момента инерции блока $\langle I \rangle$, абсолютную ΔI и относительную δI погрешности.
11. Для каждого измерения определить (по среднему значению момента инерции) момент силы по формуле $M = \langle I \rangle \cdot \varepsilon$, и построить график зависимости $M(m_1)$.
12. По выполненному заданию сделать вывод.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под моментом инерции материальной точки и твердого тела?
2. От чего зависит момент инерции твердого тела?
3. В чём физический смысл момента инерции?
4. Что называется моментом силы относительно неподвижной точки?
5. Запишите основной закон динамики вращательного движения.
6. Что называется угловой скоростью и угловым ускорением?
7. Как определить кинетическую энергию вращающегося блока?
8. Как определить изменения потенциальной и кинетической энергий в системе?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимов. – М.: Высш. шк., 2015.
2. Справочное руководство по физике. Механика, молекулярная физика, электричество, магнетизм: учеб.-метод. пособие. Ч. 1. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008.