

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)»

кафедра физики

## **ОТЧЕТ**

**по лабораторной работе №   6**

### **«ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА»**

Выполнил

Группа №

Преподаватель

Санкт-Петербург, 202\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучение законов поступательно-вращательного движения твердого тела, сохранения энергии, определение момента инерции маятника.

**ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:** маятник Максвелла, секундомер, масштабная линейка, штангенциркуль.

#### ЭСКИЗ ИЛИ СХЕМА УСТАНОВКИ:

Маятник Максвелла (рис. 1) представляет собой диск 6, закрепленный на стержне 7, подвешенном на бифилярном подвесе 5 к верхнему кронштейну 2. На диск крепится кольцо 8. Верхний кронштейн 2, установленный на вертикальной стойке 1, имеет электромагнит и устройство 4 для регулировки длины бифилярного подвеса. Маятник с кольцом фиксируется в верхнем исходном положении с помощью электромагнита. На вертикальной стойке 1 нанесена миллиметровая шкала, по которой определяется ход маятника. На нижнем кронштейне 3 находится фотоэлектрический датчик 9. Кронштейн обеспечивает возможность перемещения фотодатчика вдоль вертикальной стойки и его фиксирования в любом положении в пределах шкалы 0...420 мм. Фотодатчик предназначен для выдачи электрических сигналов на секундомер 10 в момент пересечения светового луча оси фотодатчика диском маятника.

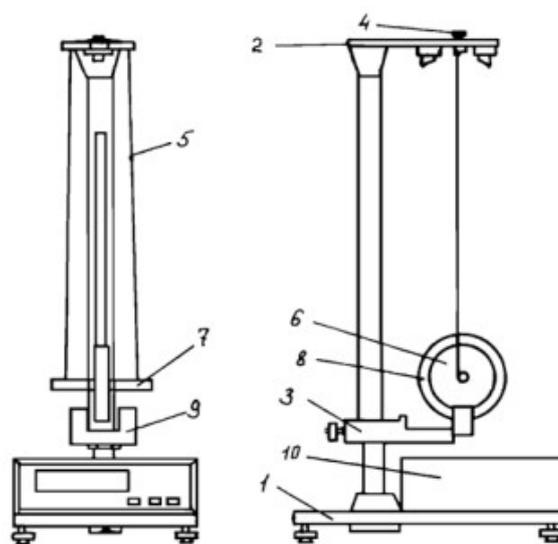


Рис. 1.

#### ИССЛЕДУЕМЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Момент инерции твердого тела является мерой инертности тела при вращательном движении. Момент инерции твердого тела  $I$  относительно оси вращения равен сумме произведений элементарных масс  $\Delta m_i$  твердого тела на квадрат их расстояний  $r_i$  от оси:

$$I = \sum \Delta m_i \cdot r_i^2.$$

Накрутив нити подвеса на стержень, поднимем маятник на высоту  $h$ : он будет иметь потенциальную энергию  $mgh$ . После, отключив электромагнит, отпустим маятник: за счет поступательно-вращательного движения запасенная потенциальная энергия будет переходить в кинетическую энергию поступательного движения  $\frac{mv^2}{2}$  и энергию вращательного движения  $\frac{I\omega^2}{2}$ .

Колебательное движение маятника является затухающим из-за уменьшения пройденного маятником расстояния за цикл вследствие трения нитей о стержень и сопротивления воздуха. Так как потери энергии на трение и сопротивление пренебрежимо малы по сравнению с изменением механической энергии, можно записать закон сохранения энергии как:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2},$$

где  $v = \omega r$  – скорость маятника в момент пересечения оптической оси фотодатчика,  $\omega$  – его угловая скорость вращения в тот же момент времени,  $r$  – радиус стержня, на который намотана нить бифилярного подвеса маятника,  $I$  – момент инерции маятника.

Выразив момент инерции  $I$ , получим:

$$I = mr^2 \left( \frac{2gh}{v^2} - 1 \right) = mr^2 \left( \frac{g-a}{a} \right).$$

Поскольку поступательное движение маятника равноускоренное, то при нулевой начальной скорости, где учтено, что  $v^2 = 2ah$ ,  $a$  – ускорение, с которым опускается маятник,  $a = \frac{2h}{t^2}$ , где  $t$  – время, за которое маятник опустился с высоты  $h$  до нижнего положения, тогда:

$$I = mr^2 \left( \frac{gt^2}{2h} - 1 \right).$$

В момент рывка нити маятник выделяет теплоту  $Q$ , если в законе сохранения энергия учитывать и ее, то закон будет представлен как:

$$mgh_{01} = mgh_{02} + \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} + Q,$$

где высоты  $h_{01}$  и  $h_{02}$  отсчитываются в системе координат, ось высот которой направлена вверх, а начало находится в точке рывка нити. Таким образом, количество теплоты, выделяющееся маятником при рывке, можно определить как:  $Q = mg\Delta h$ , где  $\Delta h$  – изменение высоты при первом подъеме маятника.

Значение момента инерции маятника Максвелла можно вычислить и теоретически. Согласно свойству аддитивности момент инерции маятника равен сумме моментов инерции стержня и диска:

$$I_{теор} = I_{cm} + I_{\sigma} + I_{\kappa} = \frac{1}{2} \left( m_{cm} r^2 + M(r^2 + R^2) + m_{\kappa} (R^2 + R_0^2) \right),$$

где  $m_{cm}$  – масса стержня;  $M$  – масса диска, укрепленного на стержне;  $m_{\kappa}$  – масса кольца;  $r$  – радиус стержня,  $R$  – внешний радиус диска;  $R_0^{\square}$  – внешний радиус кольца.

**ПРОТОКОЛ НАБЛЮДЕНИЙ**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОСТУПАТЕЛЬНО-  
 ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Таблица 1. Результаты наблюдений.

Номер наблюд ения	Измеряемая величина					
	$h_{0i}, \text{см}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_4, \text{с}$	$t_5, \text{с}$
1						
2						
3						
4						

Таблица 2. Параметры установки.

$m_{\text{см}}, \text{г}$	$M, \text{г}$	$m_{\text{к}}, \text{г}$	$r, \text{мм}$	$R, \text{мм}$	$R_0^{\square}, \text{мм}$	$h_0, \text{см}$	$h_1, \text{см}$	$h_2, \text{см}$

Выполнил

Факультет \_

Группа \_

“     ”  
 \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_