

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: Кудрявцев Максим Игоревич

Группа № 3351

Преподаватель: Кузьмина Наталья Николаевна

Вопросы		Даты коллоквиума	Итог

Санкт-Петербург

2023

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.

Схема и описание 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.

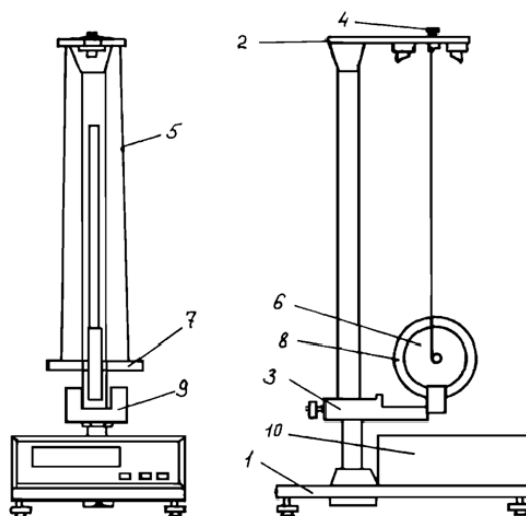


Рисунок 1 – Маятник Максвелла.

Исследуемые закономерности:

Маятник Максвелла массой m , поднятый на высоту h путем намотки нитей подвеса на стержень маятника, имеет потенциальную энергию mgh . После отключения электромагнита маятник начинает раскручиваться, совершая поступательно - вращательное движение. Потенциальная энергия маятника переходит в кинетическую энергию поступательного движения

$mv^2/2$ его центра масс и энергию вращательного движения $I\omega^2/2$ вокруг него. На участках опускания и подъема маятника потери энергии на трение пренебрежимо малы по сравнению с изменением механической энергии. В момент полного разматывания нити происходит рывок маятника и частичный переход механической энергии в тепло. На основании закона сохранения механической энергии на участке пути, меньшем длины нити, можно написать

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \left(1 + \frac{I}{mr^2} \right), \quad (1)$$

где $v = \omega r$ – скорость маятника в момент пересечения оптической оси фотодатчика; ω – его угловая скорость вращения в тот же момент времени, r – Рис. 1. 36 радиус стержня, на который намотана нить бифилярного подвеса маятника, I – момент инерции маятника. Из уравнения (1) получим для экспериментального значения момента инерции маятника

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

где учтено, что $v^2 = 2ah$, a – ускорение, с которым опускается маятник. Учитывая, что $a = 2h/t^2$, получим

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right). \quad (3)$$

Если учитывать теплоту Q , выделяющуюся маятником в момент рывка нити, то закон сохранения энергии после рывка нити будет иметь вид

$$mgh_{01} = mgh_{02} + mv^2 / 2 + J\omega^2 / 2 + Q,$$

где высоты h_{01} и h_{02} отсчитываются в системе координат, ось высот которой направлена вверх, а начало находится в точке рывка нити.

Из этого уравнения следует, что количество теплоты, выделяющееся при рывке, можно оценить по изменению высоты первого подъёма маятника: $Q = mg\Delta h$, где Δh – изменение высоты наивысшего положения маятника в первом цикле спуск – подъем

Теоретическое значение момента инерции маятника относительно его оси рассчитывается по формуле

$$I_{\tau} = \frac{1}{2}(m_{\text{ст}}r^2 + M(r^2 + R^2) + m_{\text{к}}(R^2 + R_0^2)), \quad (4)$$

где $m_{\text{ст}}$ – масса стержня; M – масса диска, укрепленного на стержне; m – масса кольца; r – радиус стержня, R – внешний радиус диска; R_0 – внешний радиус кольца.

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

$m_{\text{СТ}}, \text{г}$	$M, \text{г}$	$m_K, \text{г}$	$r, \text{мм}$	$R, \text{мм}$	$R_0, \text{мм}$	$h_0, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$h_2, \text{мм}$

i	$h_{0i}, \text{см}$	$t_1, \text{см}$	$t_2, \text{см}$	$t_3, \text{см}$	$t_4, \text{см}$	$t_5, \text{см}$
1						
2						
3						
4						

Выполнил: Кудрявцев Максим Игоревич

Факультет КТИ

Группа № 3351

“ ”

Преподаватель: Кузьмина Наталья Николаевна

Ответы на вопросы

8) Сделайте упрощенный рисунок маятника, используемого в данной работе, и укажите на нем все силы, действующие на него. Какая из сил на рисунке играет роль силы трения качения?

19) По горизонтальной плоскости катится диск радиусом R со скоростью V . Чему равна его кинетическая энергия?