



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Брянский государственный технический университет

Кафедра «Общей физики»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № _____

(название лабораторной работы)

Выполнил студент группы _____

(Ф.И.О)

Отметка о допуске: _____

Отметка о защите: _____

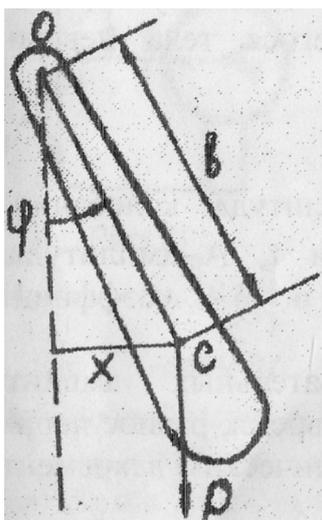
Брянск 20 ____

изучение колебаний физического маятника

Цель работы: Изучить гармонические колебания физического маятника.

Теоретическое введение

Физический маятником называют твердое тело, способное совершать колебания вокруг горизонтальной оси, не проходящей через его центр массы С.



Если на маятник, кроме силы тяжести P , никакие другие силы не действуют, то в случае малых отклонений от положения равновесия он будет совершать свободные гармонические колебания. Дифференциальное уравнение таких колебаний, при соблюдении указанных выше условий имеет вид:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{mgb}{I}\varphi = -\omega_0^2\varphi \quad (1)$$

Рис(1)

Его решение

$$\varphi = \varphi_0 \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (2)$$

Из (1) и (2) можно найти, что период колебаний физического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgb}} \quad (3)$$

определяется выражением:

где: m – масса маятника; I – его момент инерции относительно оси O и b – расстояние от оси до центра масс маятника. Так как φ – малая величина, то величина x пропорциональна φ и поэтому (2) можно записать в другом виде:

$$x = A \cdot \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (2a)$$

где x – смещение произвольной точки маятника из положения равновесия. A – амплитуда колебаний.

Т.к. реально на маятник, кроме силы тяжести, действуют еще и сила трения в месте подвеса и сила сопротивления среды, то его колебания будут затухающими.

$$x = A_0 \cdot e^{-\delta \cdot t} \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (4)$$

где $A_t = A_0 \cdot e^{-\delta \cdot t}$ - амплитуда колебаний в произвольный момент времени t , A_0 - амплитуда в начальный момент времени и δ - коэффициент затухания.

Логарифм двух последовательных амплитуд, отличающихся друг от друга на время, равное периоду колебания, называется логарифмическим декрементом затухания:

$$\lambda = \ln \frac{A_0 e^{-\delta \cdot t}}{A_0 e^{-\delta(t+T)}} = \delta T. \quad (5)$$

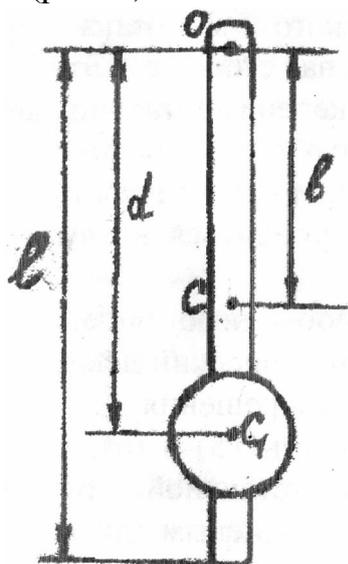
Используя (5) можно получить другое выражение для амплитуды затухающих колебаний:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda \frac{t}{T}} = A_0 e^{-\lambda \cdot N}, \quad (6)$$

где N - число колебаний маятника за время t .

Описание метода и установки

В работе используется маятник, состоящий из длинного металлического стержня и груза, который может перемещаться по стержню (рис. 2)



Рис(2)

В первой части работы необходимо исследовать теоретически и экспериментально зависимость периода колебаний физического маятника от положения груза на стержне. Момент инерции маятника относительно оси O определяется следующим выражением:

$$I_o = I_{C_1} + m_1 d^2 + \frac{1}{3} m_2 \ell^2, \quad (7)$$

где I_{C_1} - момент инерции груза относительно оси, проходящей через его центр масс параллельно оси O , m_1 - масса груза, m_2 - масса стержня. Величину b - расстояние от оси до центра масс маятника можно найти, используя известное выражение для определения положения центра масс системы материальных точек, расположенных вдоль одной прямой:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (8)$$

На основании (8) имеем:

$$b = \frac{m_1 d + \frac{1}{2} m_2 \ell}{m_1 + m_2} \quad (9);$$

Используя формулы (3), (6) и (9) можно вычислить периоды колебаний физического маятника при различных положениях груза на стержне. Эти же периоды можно определить экспериментально, при помощи секундомера. Сравнив результаты, полученные экспериментально, с результатами теоретического расчета, можно убедиться в том, что формула (3) достаточно верна. Во второй части работы необходимо определить коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания колебаний маятника. Для решения этой задачи используют формулы (5) и (6). Чтобы усилить затухание, массивный стальной груз на стержне заменяют лёгким алюминиевым диском и располагают его так, чтобы при колебании маятника он проходил между полюсами электромагнита. Возбуждаемые при этом в нём вихревые токи своим магнитным полем (правило Ленца) обуславливают торможение маятника.

Техника безопасности

При выполнении лабораторной работы соблюдайте общие правила безопасности работы на электроустройствах.

Порядок выполнения работы

Часть 1

1. Снять стержень с подвеса, взвесить стержень (m_2) и большой груз (m_1) на весах.
2. Измерить длину стержня l .
3. Включить и подготовить к работе секундомер.
3. Установить груз на стержне так, чтобы центр масс груза соответствовал метровой отметке на стержне ($d = l_m$).
4. Привести маятник в колебание. Пропустить несколько колебаний и затем запустить секундомер. Отсчитав 20-30 колебаний и соответствующий промежуток времени, определить период колебаний (экспериментальное значение) по формуле $T = \frac{t}{N}$, где t - время всех колебаний, N - число колебаний. Данные занести в таблицу 1.
5. Существенно изменить величину d (уменьшить ее, например, до 0,5 м) и снова определить период колебаний.

Таблица 1.

№	d, м	t, с	N	b, м	I, кг·м ²	T _{эксп} , с	T _{теор} , с
1	1						
2	0,5						

6. Рассчитать теоретическое значение периода колебаний по формулам (3), (7) и (9). Данные занести в таблицу 1.

7. Сравнить значения периодов колебаний, найденных экспериментально, со значениями, рассчитанными по теоретическим формулам. Сделать также заключение о влиянии положения груза на период колебаний маятника.

7. Рассчитать теоретически, при каком положении груза на стержне период колебания маятника будет минимальным. Проверить это экспериментально (данный пункт выполняется только по указанию преподавателя).

Часть 2

1. Убрать со стержня стальной груз. Установить на нём алюминиевый диск так, чтобы он мог свободно проходить между полюсами электромагнита.
2. Привести маятник в колебание. Подать напряжение в цепь электромагнита. Наличие тока в цепи контролируется горящей лампочкой.
3. Измерить секундомером время t , в течение которого произошло N колебаний. Отсчитать также по шкале амплитуды колебаний A_0 и A_t - в начале и в конце выбранного промежутка времени. Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2.

t, c	N	T, c	A_0, cm	A_t, cm	λ	δ, c^{-1}

4. По формуле (6) определить логарифмический декремент затухания $-\lambda$. Затем, найдя предварительно период колебаний, рассчитать по формуле (5) коэффициент затухания $-\delta$. Данные занести в таблицу 2.
5. Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Гармонические колебания. Скорость ускорение, период и частота этих колебаний.
2. Колебания физического маятника. Период колебаний.
3. Затухающие колебания. Амплитуда и частота этих колебаний.
4. Коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания колебаний.

Список рекомендуемой литературы

1. Трофимова Г.И. Курс физики. М.: Высш. шк., 1990. §§ 140, 141, 142, 146.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. Механика. Молекулярная физика. Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Высш. шк., 1973, §§ 62, 67, 73.