

**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики**

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ

| | |
|---|-------------------------|
| Группа <u>P3213</u> | К работе допущен _____. |
| Студент <u>Султанов Артур Радикович</u> | Работа выполнена _____. |
| Преподаватель <u>Хвастунов Н.Н.</u> | Отчет принят _____. |

Отчет по лабораторной работе №1.05

Исследование колебаний физического маятника

1. Цели работы

1. Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника.

2. Задачи

1. Измерение периода затухающих колебаний.
2. Определение зависимости амплитуды затухающих колебаний физического маятника от времени.
3. Определение зависимости периода колебаний от момента инерции физического маятника.
4. Определение преобладающего типа трения.
5. Определение экспериментальной и теоретической приведенных длин маятника при его разных конфигурациях.

3. Схема установки

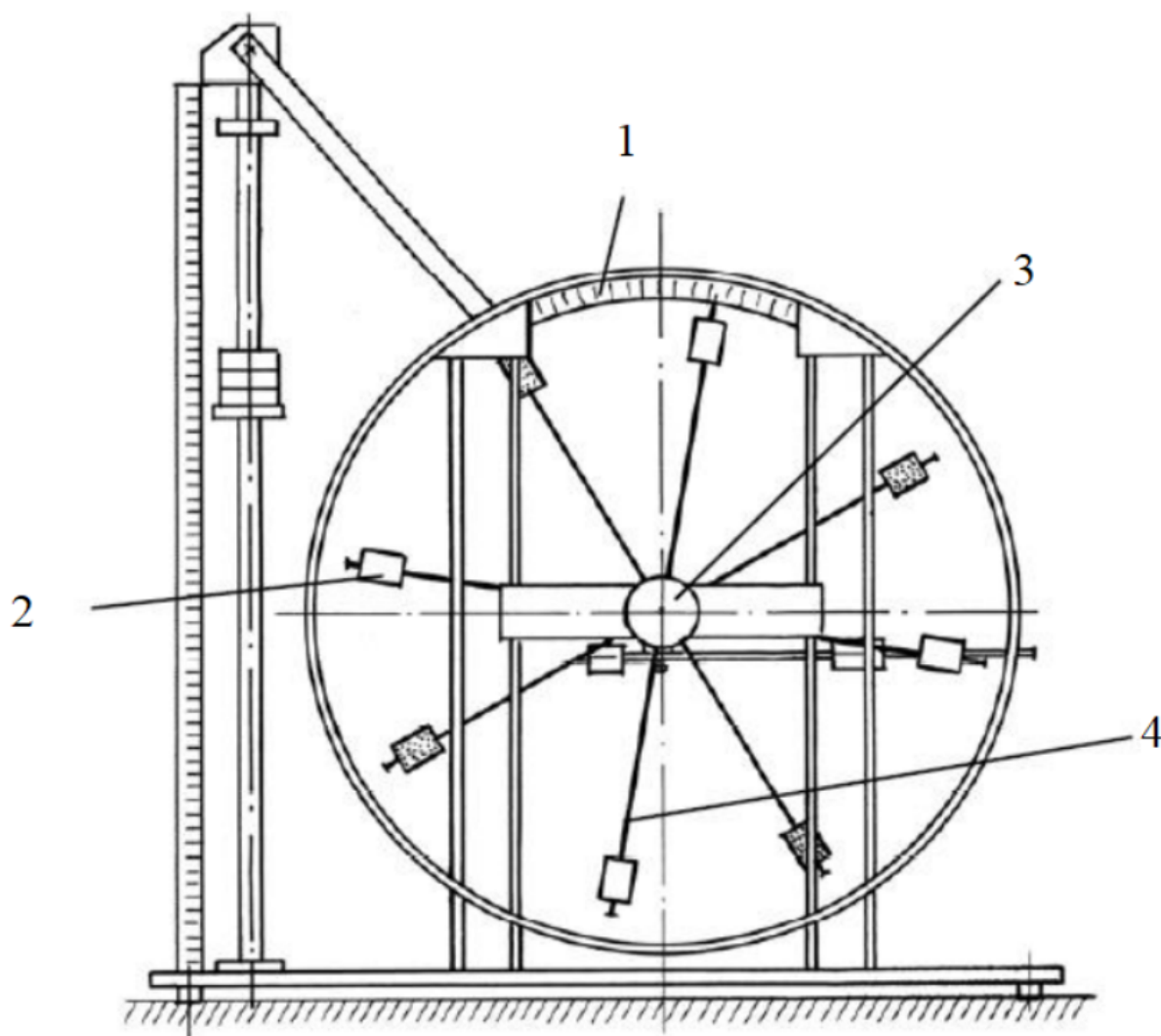


Рис. 1. Схема установки

1. Шкала
2. Груз
3. Рукоятка сцепления
4. Передняя крестовина

4. Измерительные приборы

| № п/п | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
|-------|--------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Шкала | Измеритель градусной меры | 0 – 25 ° | 1 ° |
| 2 | Секундомер | Измеритель времени | 0 – 3600, с | 0.0005, с |

5. Ход работы

Таблица 1

| Амплитуда отклонения Время | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 |
|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| t_1 , с | 37,34 | 61,57 | 103,77 | 173,19 | 243,25 |
| t_2 , с | 32,38 | 70,76 | 118,79 | 173,75 | 243,55 |
| t_3 , с | 34,21 | 67,12 | 109,34 | 170,07 | 243,48 |
| t , с | 34,64 | 66,48 | 110,63 | 172,34 | 243,43 |

Таблица 2

| Положение боковых грузов | t_1 | t_2 | t_3 | t | T |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 риска | 16,56 | 16,29 | 16,37 | 16,41 | 1,64 |
| 2 риски | 17,43 | 17,22 | 17,26 | 17,3 | 1,73 |
| 3 риски | 18,24 | 18,33 | 18,3 | 18,29 | 1,83 |
| 4 риски | 19,5 | 19,93 | 19,72 | 19,72 | 1,97 |
| 5 рисок | 20,94 | 20,92 | 20,87 | 20,91 | 2,09 |
| 6 рисок | 22,43 | 22,3 | 22,29 | 22,34 | 2,23 |

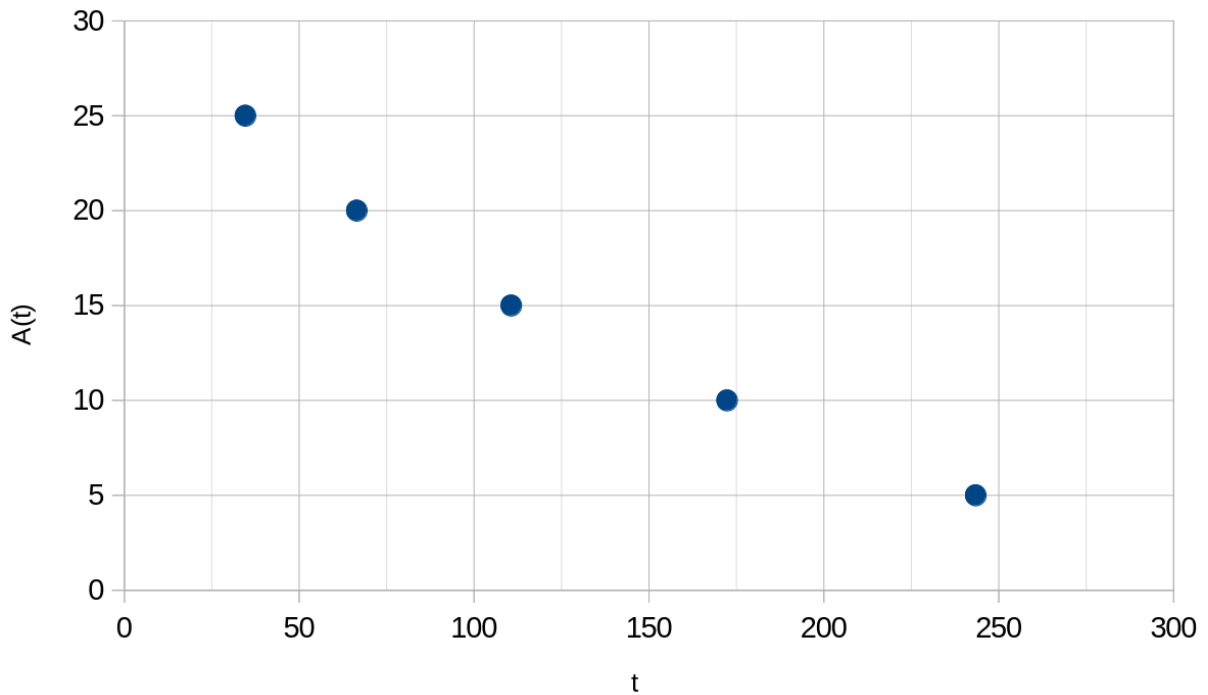


Рисунок 1. График зависимости амплитуды колебаний от времени $A(t)$

Судя по графику, сухое трение играет главную роль в затухании колебаний.

С помощью метода наименьших квадратов найдем коэффициенты зависимости $A(t) = A_0 + kt$:

$$k = -0,0933$$

$$A_0 = 26,7053$$

Далее, по следующей формуле:

$$A(t = nT) = A_0 - 4n\Delta\varphi_3, \Delta\varphi_3 - \text{ширина зоны застоя}$$

$$\Delta\varphi_3 = \frac{A_0 - A(nT)}{4n} = 0,023$$

Таблица 3

| Риски | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $R_{\text{ниж}}$ | 0,077 | | | | | |
| $R_{\text{верх}}$ | 0,202 | | | | | |
| $R_{\text{бок}}$ | 0,077 | 0,102 | 0,127 | 0,152 | 0,177 | 0,202 |
| $I_{\text{гр}}$ | 0,096 | 0,110 | 0,129 | 0,152 | 0,179 | 0,209 |
| I | 0,104 | 0,118 | 0,137 | 0,160 | 0,187 | 0,217 |
| $I_{\text{пр эксп}}$ | 0,668 | 0,744 | 0,832 | 0,964 | 1,085 | 1,236 |
| $I_{\text{пр теор}}$ | 0,717 | 0,799 | 0,911 | 1,047 | 1,206 | 1,383 |

Далее, для каждого положения грузов вычислим расстояния центров верхнего, нижнего и боковых грузов от оси вращения по формуле:

$$R = l_1 + (n - 1)l_0 + b/2$$

Пример расчета для $R_{\text{ниж}}$:

$$R_{\text{ниж}} = 0,057 + (1 - 1) * 0,025 + 0,04/2 = 0,202 \text{ м}$$

После найдем моменты инерции грузов:

$$I_{\text{гр}} = m_{\text{гр}} (R_{\text{верх}}^2 + R_{\text{ниж}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2)$$

И полный момент инерции физического маятника:

$$I = I_{\text{гр}} + I_0, \text{ где } I_0 - \text{ момент инерции ступицы и крестовины } (8 * 10^{-3})$$

Пример расчета для первой риски:

$$I_{\text{гр}} = 1,632(0,077^2 + 0,202^2 + 2 * 0,077^2) = 0,096 \text{ кг} * \text{м}^2$$

$$I = I_{\text{гр}} + I_0 = 0,104$$

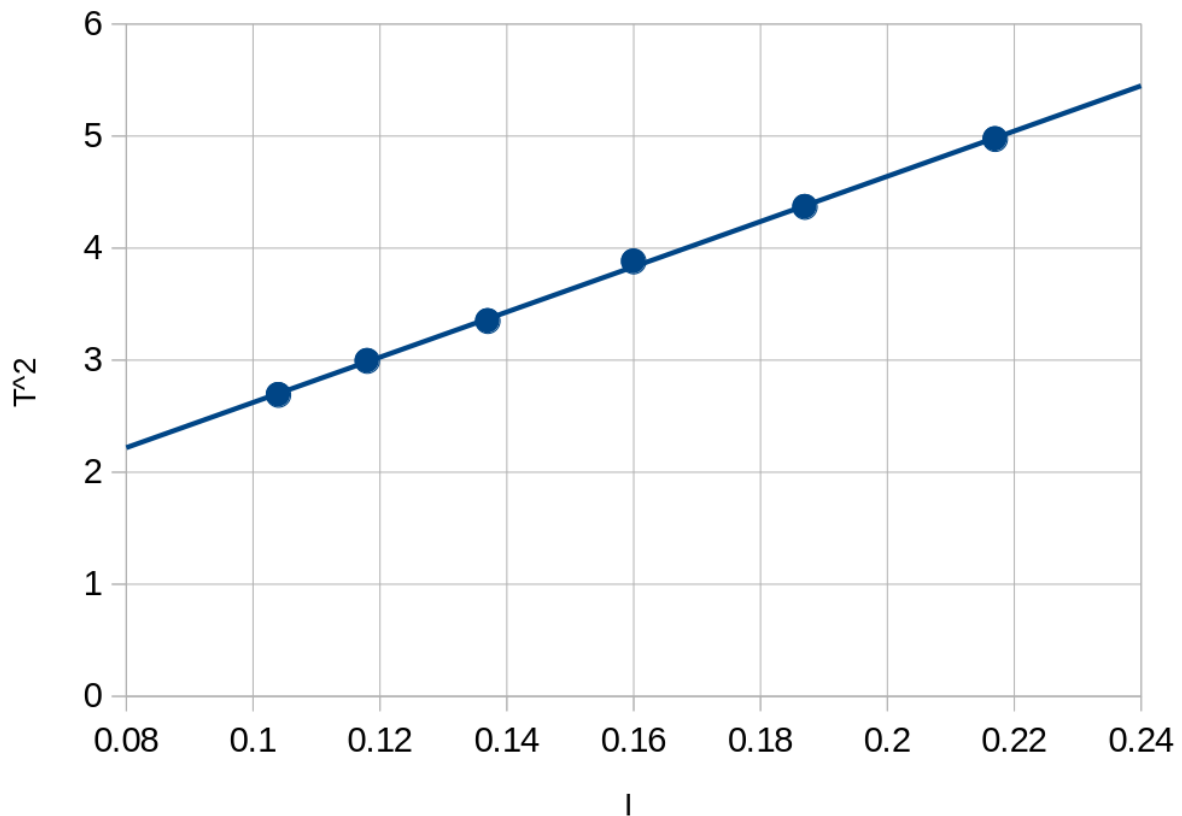


Рисунок 2. График зависимости квадрата периода от момента инерции

Далее, найдем ml :

$$ml = \frac{4\pi I}{gT^2} = 0,156$$

Теперь вычислим $l_{\text{пр эксп}}$ и $l_{\text{пр теор}}$ (пример для 1 риски):

$$l_{\text{пр эксп}} = \frac{T^2 g}{4\pi^2} = \frac{2,690 \cdot 9,81}{4\pi^2} = 0,668$$

$$l_{\text{пр теор}} = l_{\text{теор}} + \frac{I}{l_{\text{теор}} m_{\text{гр}}} = 0,104 + \frac{0,104}{0,104 \cdot 4 \cdot 0,408} = 0,717$$

6. Выводы

В рамках данной лабораторной работы были произведены измерения периода затухающих колебаний для разных амплитуд. В эксперименте преобладает сухое трение, что было выяснено в ходе работы. Помимо этого, график зависимости квадрата периода от момента инерции носит линейный характер, что подтверждает определение периода колебания маятника (формулу). Помимо этого, разница между теоретическими и экспериментальными значениями приведенной длины маятника при разных конфигурациях (расположениях грузов) минимальна.