

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНО ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО
ITMO University**

**Лабораторная работа 1.05 по теме «Исследование колебаний
физического маятника»**

По дисциплине
Физика

Выполнили:
Стафеев И.А. (К3121)
Голованов Д. И. (К3123)
Данилов Н. О. (К3121)

Поток: ОФ-1 ИКТ 1.2.1

Проверила
Рудель А. Е.

Санкт-Петербург,
2024

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1	Введение	3
1.1	Цели работы	3
1.2	Задачи	3
1.3	Объект исследования	3
1.4	Рабочие формулы и исходные данные	3
1.5	Измерительные приборы	5
1.6	Схема установки	5
2	Выполнение лабораторной работы	7
2.1	Результаты прямых и косвенных измерений	7
2.2	Окончательные результаты	8
2.3	Графики	9
3	Выводы и анализ результатов работы	11
4	Ответы на контрольные вопросы	12

1 Введение

1.1 Цели работы

1. Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника

1.2 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;

1.3 Объект исследования

Физический маятник и его колебания

1.4 Рабочие формулы и исходные данные

1. Период колебаний маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \quad (1)$$

2. Зависимость отношения амплитуд от времени

$$\ln \frac{A}{A_0} = -\beta t \quad (2)$$

3. Закон изменения амплитудных значений

$$A(t = nT) = A_0 - 4n\Delta\varphi_3 \quad (3)$$

4. Расстояние центра груза от оси

$$R = l_1 + (n - 1)l_0 + b/2 \quad (4)$$

,

где l_0 – расстояние от оси вращения до первой риски, l_0 – расстояние между соседними рисками, b – размер груза вдоль спицы.

5. Момент инерции грузов

$$I_{\text{гр}} = m_{\text{гр}}(R_{\text{верх}}^2 + R_{\text{ниж}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2) \quad (5)$$

6. Полный момент инерции маятника

$$I = I_{\text{гр}} + I_0 \quad (6)$$

7. Длина маятника

$$l_{\text{пр}} = \frac{I}{ml} = \frac{I_{0\text{маятн}}}{ml} + l \quad (7)$$

8. Расстояние от центра масс маятника до оси вращения

$$l_{\text{теор}} = \frac{m_{\text{ниж}}R_{\text{ниж}} - m_{\text{верх}}R_{\text{верх}}}{m_{\text{верх}} + 2m_{\text{бок}} + m_{\text{ниж}}} = \frac{R_{\text{ниж}} - R_{\text{верх}}}{4} \quad (8)$$

9. Теретическое значения длины маятника

$$l_{\text{пр теор}} = \frac{I}{ml} \approx \frac{I_{\text{гр}}}{ml_{\text{теор}}} = \frac{R_{\text{ниж}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2 + R_{\text{верх}}^2}{R_{\text{ниж}} - R_{\text{верх}}} \quad (9)$$

Исходные данные: $I_0 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$, $N = 10$

1.5 Измерительные приборы

Таблица 1 — Измерительные приборы

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора $\Delta_{ит}$
1	Шкала	аналоговый	$0^\circ - 60^\circ$ с	1°
2	Цифровой секундомер	цифровой	0-3600 с	0.005 с

1.6 Схема установки

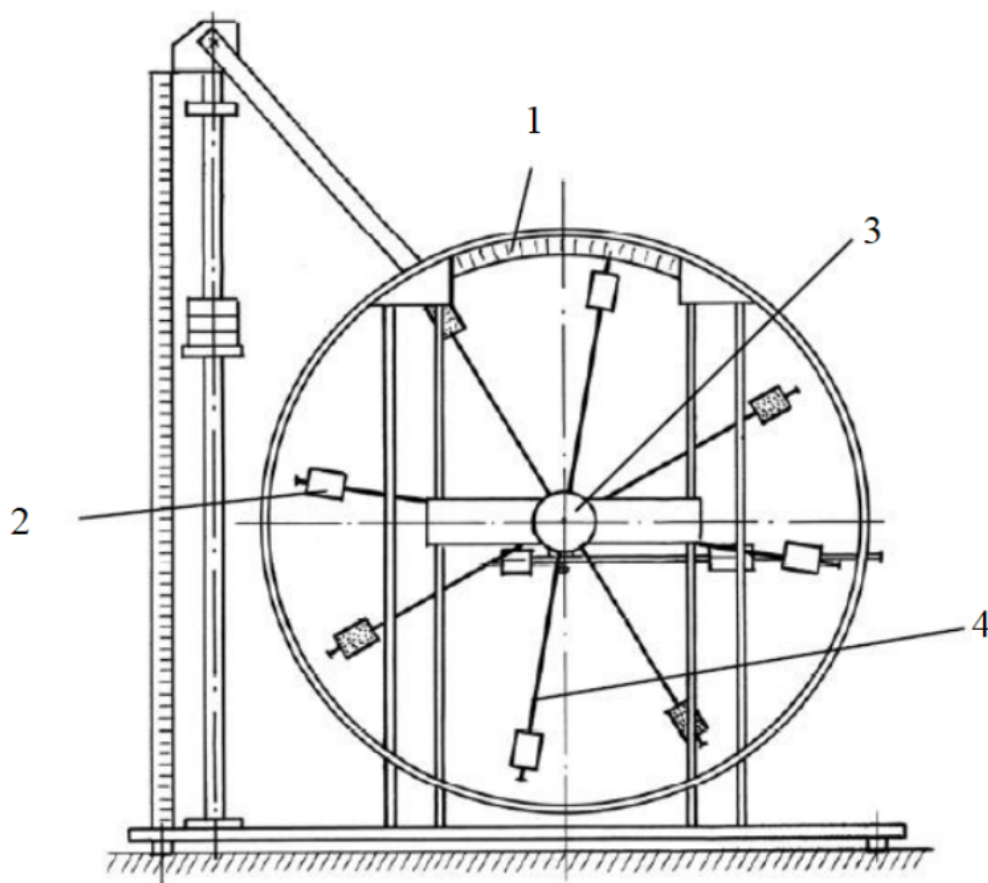


Рисунок 1 — Схема установки для проведения измерений

Числами на схеме обозначены:

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

Параметры установки:

- Масса каретки: $(47,0 \pm 0,5)$ г
- Масса шайбы: $(220,0 \pm 0,5)$ г
- Масса грузов на крестовине: $(408,0 \pm 0,5)$ г
- Расстояние первой риски от оси: $(57,0 \pm 0,5)$ мм
- Расстояние между рисками: $(25,0 \pm 0,2)$ мм
- Диаметр ступицы: $(46,0 \pm 0,5)$ мм
- Диаметр груза на крестовине: $(40,0 \pm 0,5)$ мм
- Высота груза на крестовине: $(40,0 \pm 0,5)$ мм

2 Выполнение лабораторной работы

2.1 Результаты прямых и косвенных измерений

$$t_1 = 16.82 \text{ с}, t_2 = 6.8 \text{ с}, t_3 = 16.75 \text{ с}$$

Таблица 2 — Измерения времени достижения определенных значений амплитуды

t/A	25°	20°	15°	10°	5°
t_1	42.44	95.99	159.28	235.70	317.74
t_2	40.73	97.94	157.68	233.15	314.76
t_3	50.51	105.49	170.66	242.23	320.43
$t_{\text{ср}}$	44.56	99.81	162.54	237.03	317.64

График зависимости амплитуды от времени представлен на рисунке 2. Как можно видеть, основную роль в затухании колебаний играет сухое трение.

Таблица 3 — Измерение времени 10 колебаний маятника при изменении положения боковых грузов

Номер риски	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$t_3, \text{ с}$	$t_{\text{ср}}, \text{ с}$	$T, \text{ с}$
1	15.91	15.86	16.40	16.06	1.606
2	16.82	16.87	16.75	16.81	1.681
3	17.78	18.04	17.96	17.93	1.793
4	19.03	19.36	19.09	19.16	1.916
5	20.25	20.40	20.92	20.52	2.052
6	21.89	21.83	21.74	21.82	2.182

График зависимости T^2 от I представлен на рисунке 3

Таблица 4 — Косвенные измерения

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}, \text{ м}$	0.078					
$R_{\text{ниж}}, \text{ м}$	0.203					
$R_{\text{бок}}, \text{ м}$	0.078	0.102	0.128	0.152	0.178	0.202
$I_{\text{гр}}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	0.024	0.028	0.032	0.038	0.045	0.053
$I, \text{ Н}\cdot\text{м}$	0.032	0.036	0.04	0.046	0.053	0.061
$l_{\text{пр эксп}}, \text{ м}$	0.64	0.70	0.80	0.91	1.05	1.18
$l_{\text{пр теор}}, \text{ м}$	0.47	0.54	0.64	0.75	0.88	1.03

2.2 Окончательные результаты

$$\Delta\varphi_3 = 0.035^\circ$$

Колебания прекратятся через $n = 214$ периодов

$$ml = 0.05 \text{ кг}\cdot\text{м}$$

$$l_{\text{теор}} = 0.03 \text{ м}$$

2.3 Графики

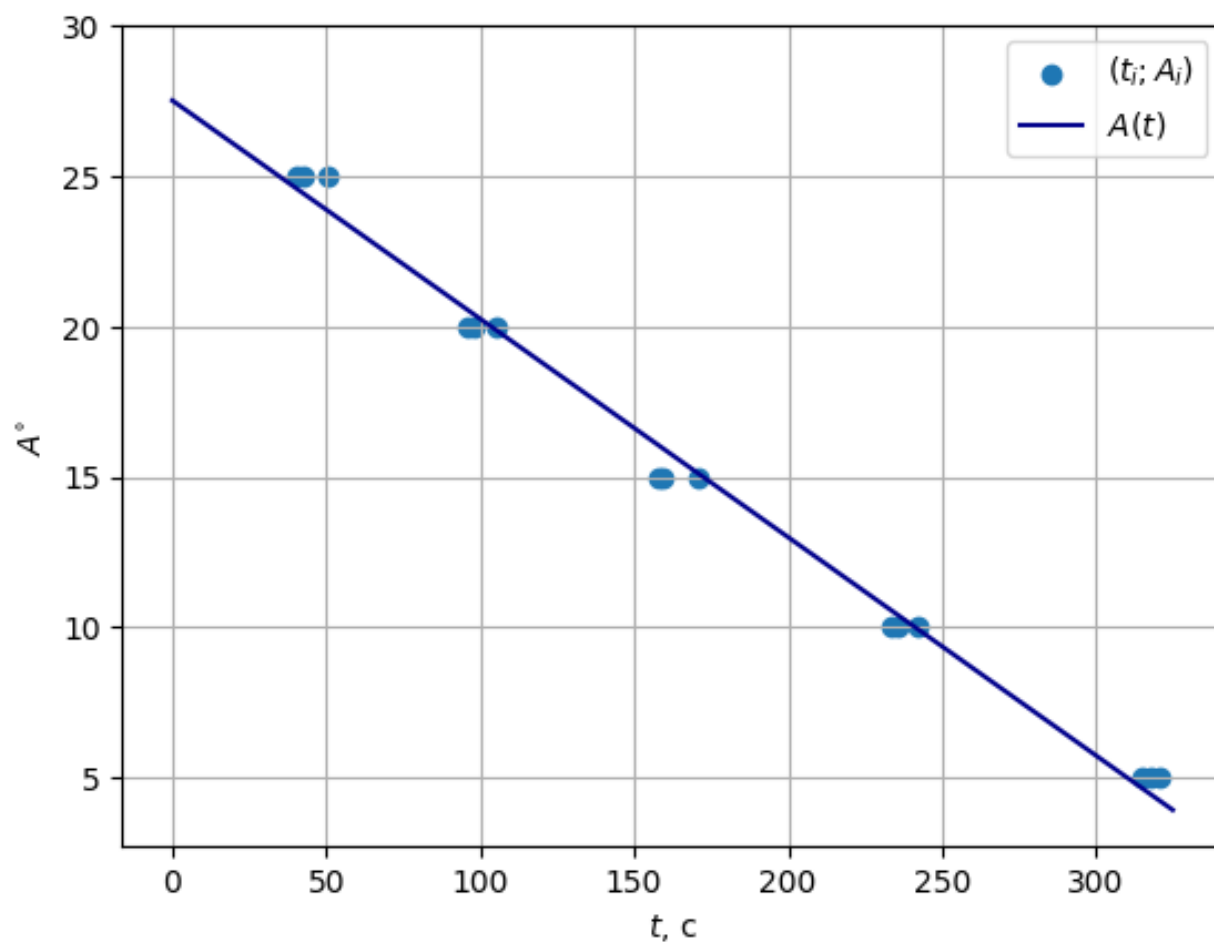


Рисунок 2 — График зависимости A от t

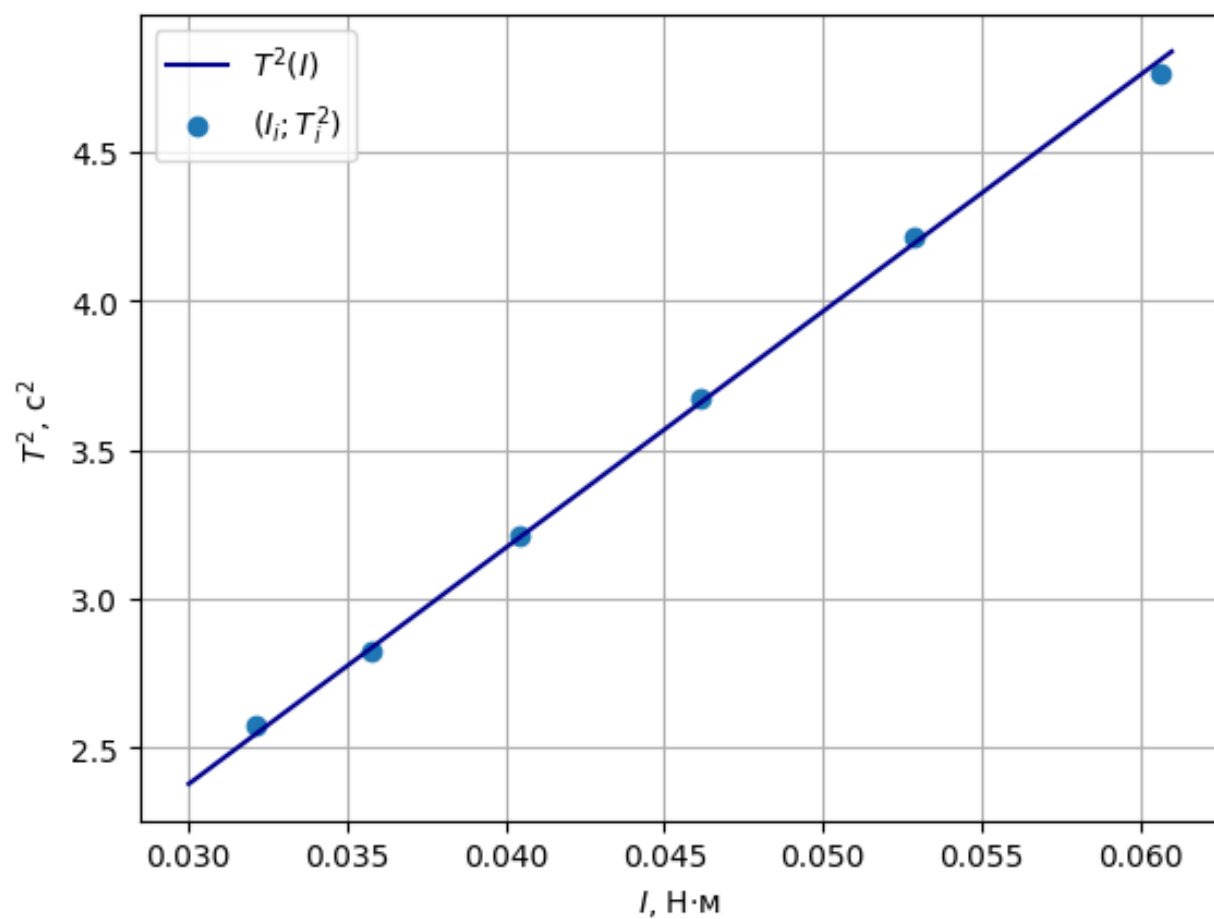


Рисунок 3 — График зависимости T^2 от I

3 Выводы и анализ результатов работы

На основе графика зависимости A от t (рисунок 2) можно сделать вывод, что основная роль в затухании колебаний лежит на сухом трении.

Посчитанные экспериментальная и теоретическая длина маятника отличаются несильно, что может говорить о достоверности проведенных измерений.

4 Ответы на контрольные вопросы

1. *Чем отличается физический маятник от математического?*

Отличие между физическим и математическим маятниками заключается в том, что у физического маятника нельзя пренебрегать размерами тела по сравнению с расстоянием от точки подвеса до центра масс .

2. *От чего зависит период колебаний математического маятника?*

Период колебаний математического маятника зависит от длины маятника и ускорения свободного падения .

3. *Какой вид имеет уравнение гармонических колебаний физического маятника?*

Уравнение гармонических колебаний физического маятника имеет вид:

$$I \frac{d^2 \phi}{dt^2} = -mgL\phi - rL^2 \frac{d\phi}{dt} .$$

4. *Что такое и как вычисляются собственная частота, период колебаний и приведенная длина физического маятника?*

Собственная частота, период колебаний и приведенная длина физического маятника вычисляются по соответствующим формулам, учитывая момент инерции, массу, длину и ускорение свободного падения .

5. *Какой вид имеет уравнение затухающих колебаний при вязком трении?*

Уравнение затухающих колебаний при вязком трении имеет вид, учитывающий коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания .

6. *В каких единицах измеряются коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания?*

Коэффициент затухания измеряется в единицах частоты, а логарифмический декремент затухания является безразмерной величиной .

7. *Какой вид имеет график зависимости угла от времени для затухающих колебаний при сухом и вязком трении?*

График зависимости угла от времени для затухающих колебаний при сухом трении представляет собой затухающую гармоническую функцию, а при вязком трении - экспоненциальное убывание .

8. *Может ли приведенная длина физического маятника быть меньше расстояния от оси подвеса до центра масс, если да, то при каких условиях?*

Приведенная длина физического маятника может быть меньше расстояния от оси подвеса до центра масс при условии, что момент инерции маятника относительно точки подвеса меньше момента инерции тела относительно его центра масс .