

Группа Р3207 К работе допущен _____

Студент Путинцев Данил Денисович Работа выполнена 20.11.2024

Преподаватель Агабабаев В. А. Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.05

Исследование колебаний физического маятника

1. Цель работы.

- ## 1. Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

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. Объект исследования.

Физический маятник

4. Метод экспериментального исследования.

- Измерение периода N числа колебаний маятника с разными положениями груза, параллельно отмечая время, когда амплитуда отклонения маятника от равновесного положения будет равна 25, 20, 15, 10 и 5.
- Построение графиков зависимостей амплитуды колебаний от времени и квадрата периода от момента инерции.
- Определение, какой тип трения играет главную роль в затухании колебаний: сухое трение или вязкое.
- Вычисление экспериментальной и теоретической приведенной длины маятника при

разных его конфигурациях.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Зависимость логарифма отношения амплитуд от времени

$$\ln \frac{A}{A_0} = -\beta t,$$

Зависимость амплитуды колебаний от ширины зоны застоя

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

Расстояния центров грузов от оси вращения

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

Момент инерции грузов

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

Период колебаний маятника от момента инерции

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}.$$

Приведенная длина маятника от момента инерции

$$l_{\text{пр}} = \frac{I}{ml} = \frac{I_0}{ml} + l.$$

6. Измерительные приборы.

Таблица 1: Характеристики средств измерения

№ п/п	Наименование средства измерения	Предел измерений	Цена деления	Погрешность прибора
1	Секундомер	356400 с	0.01 с	0.01 с
2	Шкала	60°	1°/дел.	1°

Параметры установки		
1.	Масса каретки	(47,0 ± 0,5) г
2.	Масса шайбы	(220,0 ± 0,5) г
3.	Масса грузов на крестовине	(408,0 ± 0,5) г
4.	Расстояние от оси до первой риски	(57,0 ± 0,5) мм

5.	Расстояние между рисками	$(25,0 \pm 0,2) \text{ мм}$
6.	Диаметр ступицы	$(46,0 \pm 0,5) \text{ мм}$
7.	Диаметр груза на крестовине	$(40,0 \pm 0,5) \text{ мм}$
8.	Высота груза на крестовине	$(40,0 \pm 0,5) \text{ мм}$

7. Схема установки.

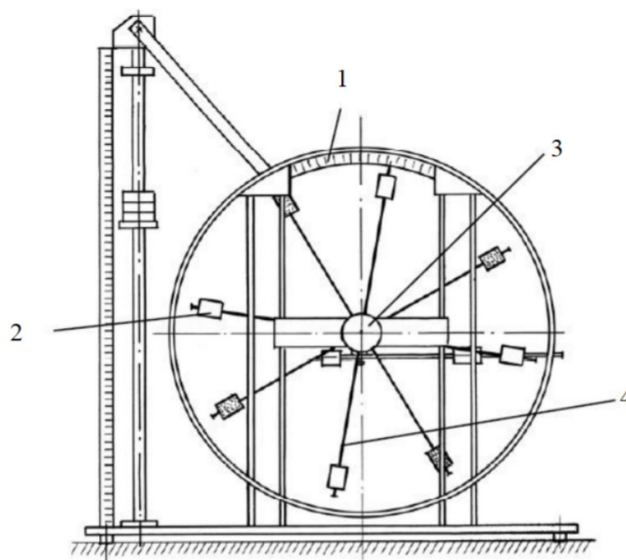


Рис. 1. Стенд лаборатории механики (общий вид)

Общий вид экспериментальной установки изображен на Рис. 1. В состав установки входят:

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

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Замеры времени 10 колебаний маятника

t_1	18,52
t_2	18,29
t_3	18,43

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{18,52 + 18,29 + 18,43}{3} = 18,41 \text{ с.}$$

$$T = \frac{\bar{t}}{N} = \frac{18,41}{10} = 1,841 \text{ с.}$$

Таблица 2

Амплитуда отклонения Время, с.	30°	25°	20°	15°	10°	5°
t_1	0	41,29	91,76	148,44	210	286,55
t_2	0	43,15	87,43	142,8	207,23	285,95
t_3	0	42,98	89,17	142,93	205,4	286,08
t^-	0	42,47	89,45	144,72	207,54	286,19

Таблица 3

Положение боковых грузов	t_1	t_2	t_3	t^-	T
1 риска	16,08	16,37	16,49	16,31	1,631
2 риски	17,26	17,48	17,31	17,35	1,735
3 риски	18,34	18,39	18,43	18,39	1,839
4 риски	19,91	19,76	19,71	19,79	1,979
5 рисков	21,19	20,85	20,99	21,01	2,101
6 рисков	22,73	22,42	23,07	22,74	2,274

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

t	A	$\ln(A/A_0)$
0	$A_0 = 0,13$	0,000
42,47	0,12	-0,092
89,45	0,11	-0,198
144,72	0,10	-0,320
207,54	0,08	-0,463
286,19	0,07	-0,633

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^5 t_i \ln\left(\frac{A_i}{A_0}\right)}{\sum_{i=1}^5 t_i^2} = 0,00222 \text{ c}^{-1}$$

$$\theta = \frac{1}{\beta} = 450.45 \text{ c}$$

Таблица 4

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}$	0.077					
$R_{\text{нижн}}$	0.202					
$R_{\text{бок}}$	0.077	0.102	0.127	0.152	0.177	0.202
$I_{\text{гр}}$	0.024	0.028	0.032	0.038	0.045	0.052
I	0.032	0.036	0.040	0.046	0.053	0.060

$I_{\text{пр эксп}}$	0,674	0,762	0,857	0,992	1.118	1,31
$I_{\text{пр теор}}$	0.685	0.771	0.857	0,985	1.135	1.285

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{mgl}$$

$$ml = \frac{4\pi^2 \sum_{i=1}^6 I_i^2}{g \sum_{i=1}^6 I_i T_i^2} = 0,0467 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$l_{\text{теор}} = \frac{ml}{4m_{\text{эп}}} = \frac{0,0467}{4 \cdot 0,408} = 0,0286 \text{ м}$$

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

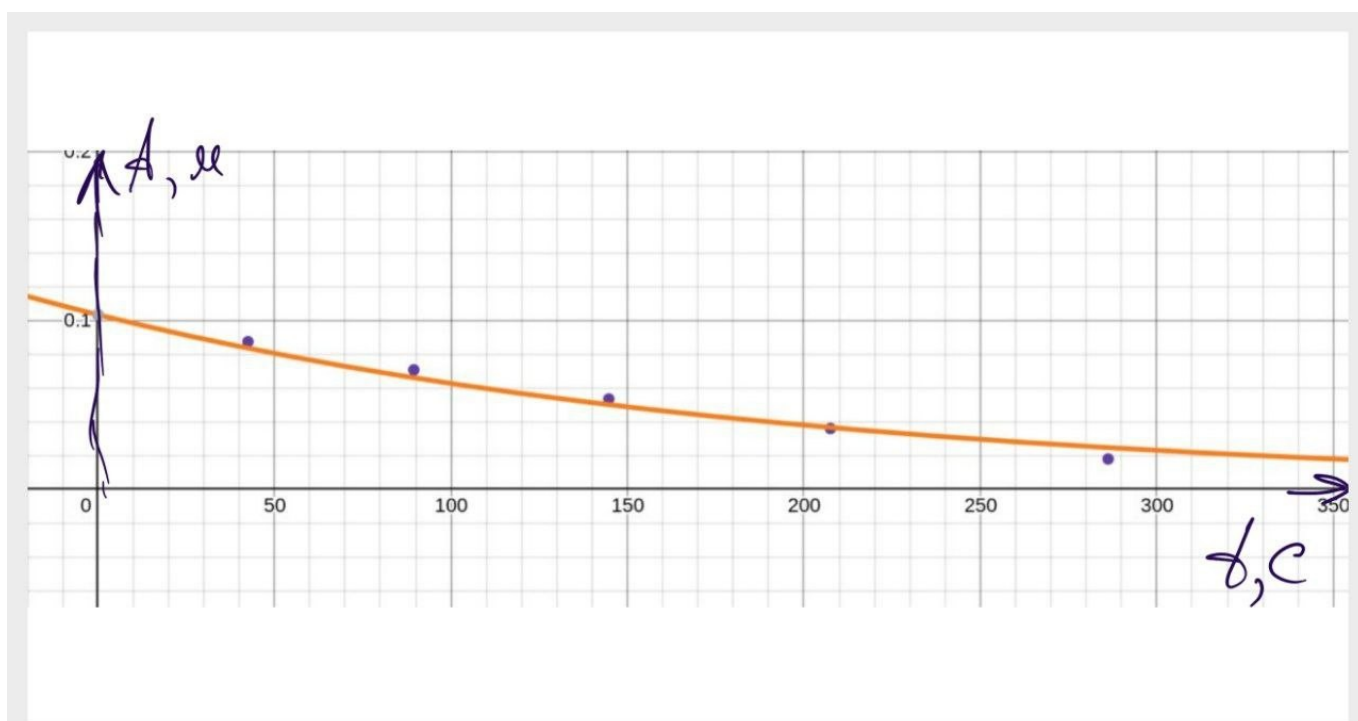
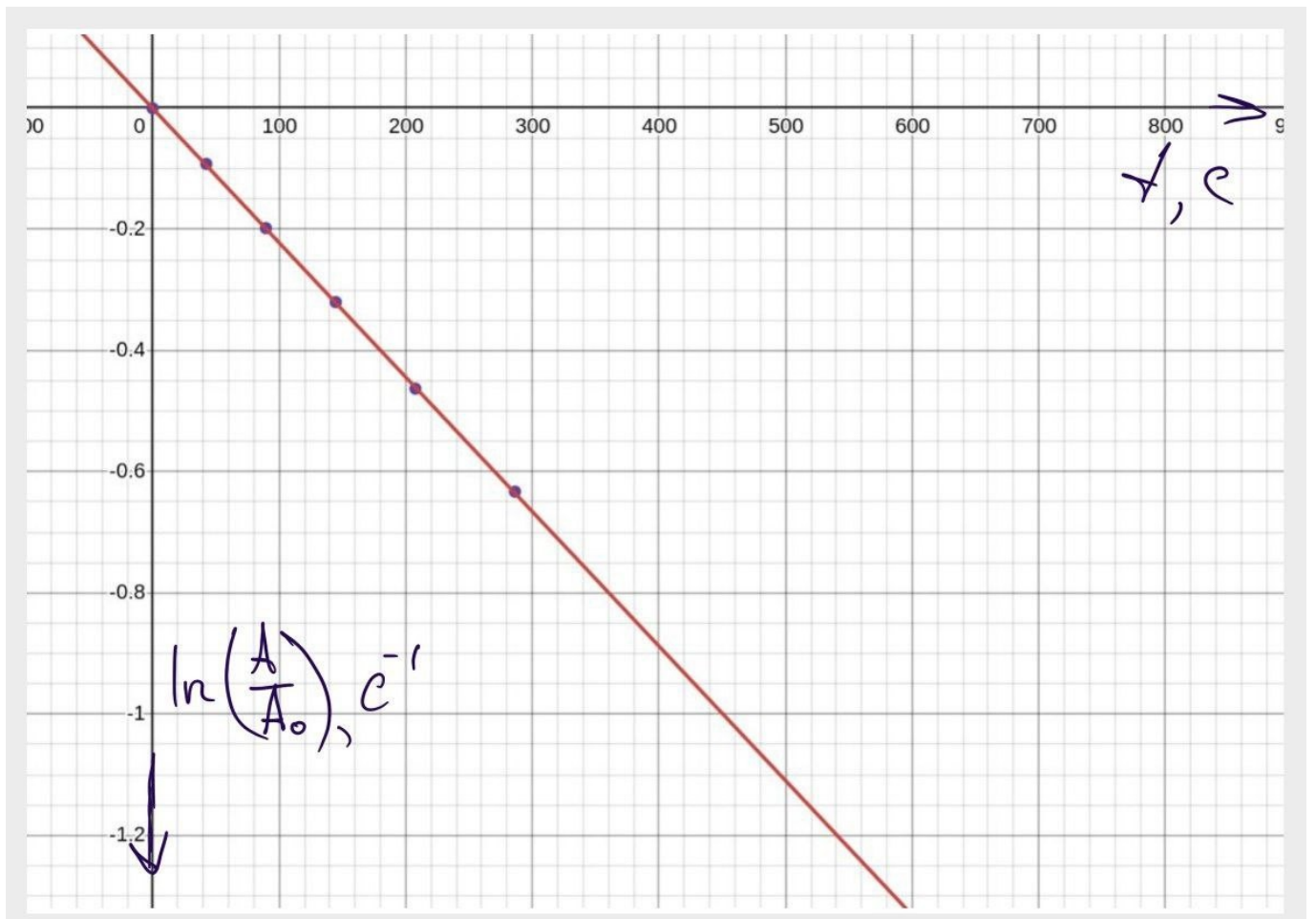


Рисунок 1: График зависимости амплитуды от времени



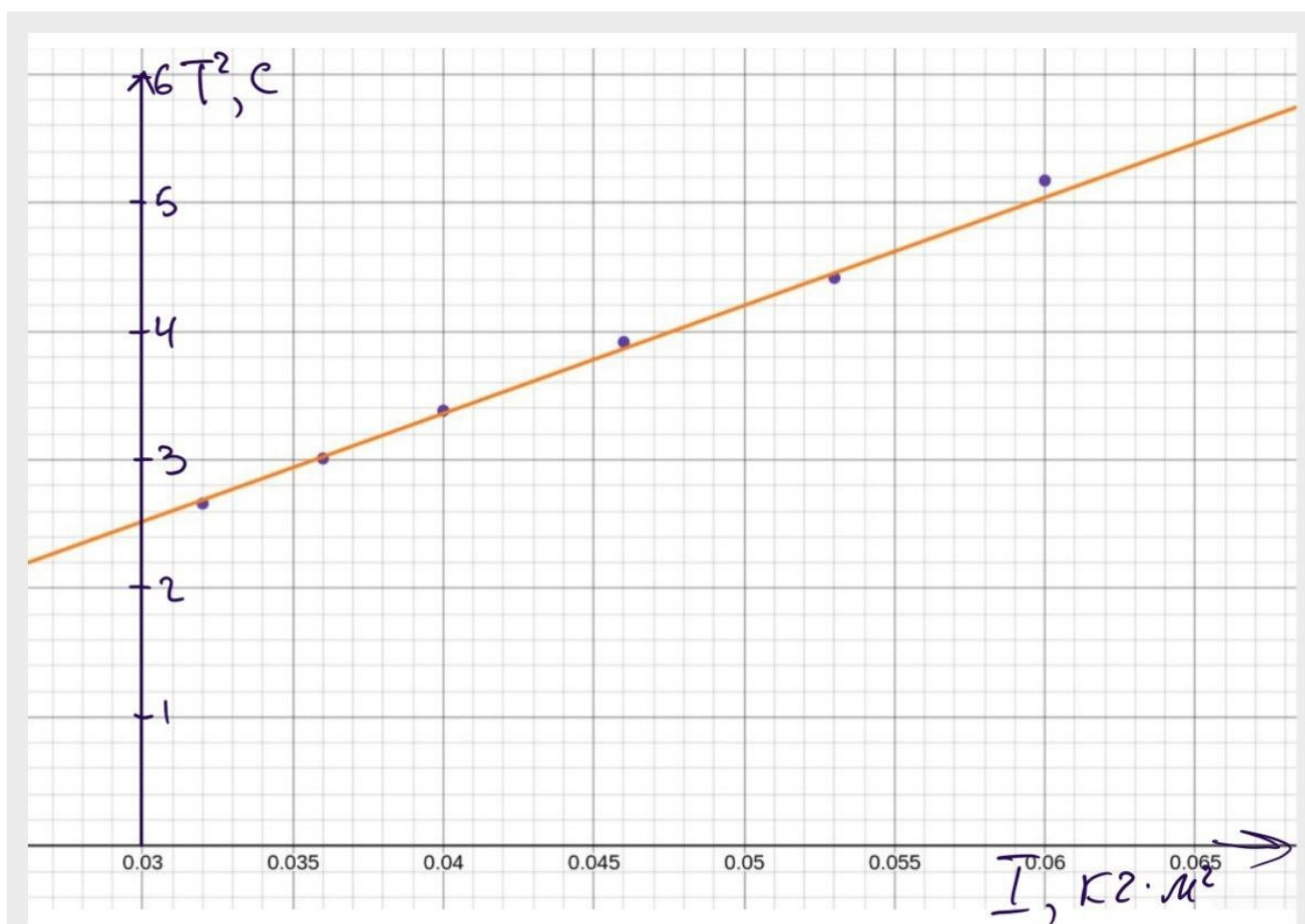


Рисунок 2: График зависимости квадрата периода от момента инерции

12. Окончательные результаты.

Риски	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{пр эксп}}$	0,674	0,762	0,857	0,992	1,118	1,31
$I_{\text{пр теор}}$	0,685	0,771	0,857	0,985	1,135	1,285

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе лабораторной работы были исследованы характеристики затухающих колебаний физического маятника. При последовательном измерении времени, когда амплитуда колебаний снижалась до 25° , 20° и так далее, был построен график зависимости амплитуды от времени (см. рисунок 1). Этот график продемонстрировал экспоненциальный характер, что указывает на преобладание вязкого трения в данных колебаниях, а не сухого. Коэффициент затухания составил $\beta = 0,00222 \text{ с}^{-1}$, а время затухания θ равно 450 с. Также были определены экспериментальные ($I_{\text{пр эксп}}$) и теоретические ($I_{\text{пр теор}}$) значения приведенной длины, которые представлены в последних столбцах таблицы 4.