

Группа 3220_____

К работе допущен_____

Студент Гафурова Ф. Ф._____

Работа выполнена_____

Преподаватель Пулькин Н. С._____

Отчет принят_____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.05

«Исследования колебаний физического маятника»

1. Цели 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	500с	0.01 с	5 мс
2	Шкала	60°	1°/дел.	1°

Таблица 5. Параметры установки

Параметры установки		
1.	Масса каретки	$(47,0 \pm 0,5) \text{ г}$
2.	Масса шайбы	$(220,0 \pm 0,5) \text{ г}$
3.	Масса грузов на крестовине	$(408,0 \pm 0,5) \text{ г}$
4.	Расстояние от оси до первой риски	$(57,0 \pm 0,5) \text{ мм}$
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	$(40,0 \pm 0,5) \text{ мм}$
9.	Расстояние, проходимое грузом (h)	$(700,0 \pm 0,1) \text{ мм}$

7. Схема установки (перечень схем, которые составляют Приложение 1).

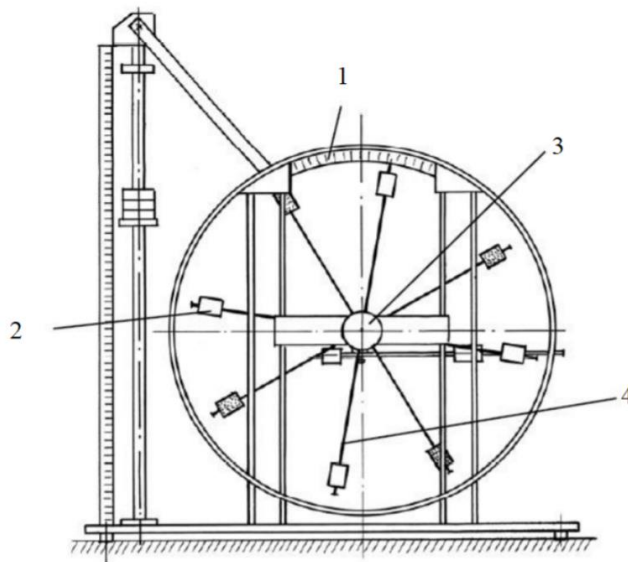


Рис. 1. Стенд лаборатории механики (общий вид)

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	18,20
t_2	18,01
t_3	18,26

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{18,20 + 18,01 + 18,26}{3} = 18,16 \text{ с.}$$

$$N = 10$$

$$T = \frac{\bar{t}}{N} = \frac{18,16}{10} = 1,816 \text{ с.}$$

Таблица 2

Амплитуда отклонения Время	25°	20°	15°	10°	5°
t_1 , с	35,12	65,97	89,09	120,8	153,47
t_2 , с	35,91	62,92	95,78	126,65	161,79
t_3 , с	34,11	64,06	91,86	122,83	155,78
\bar{t} , с	35,25	64,32	92,24	123,43	158,35

Таблица 3

Положение боковых грузов	t_1	t_2	t_3	\bar{t}	T
1 риска	15,23	15,36	15,35	15,31	1,531
2 риски	16,27	16,15	16,25	16,22	1,622
3 риски	17,35	17,25	17,44	17,35	1,735
4 риски	18,7	18,63	18,7	18,68	1,868
5 рисков	19,93	20,14	20,09	20,05	2,005
6 рисков	21,32	21,07	21,35	21,25	2,125

$$T(1 \text{ риска}) = \frac{\bar{t}}{N} = \frac{15,31}{10} = 1,531$$

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

t, с	A, °	ln(A/A ₀)
0	30	0,000
35,25	25	-0,092
64,32	20	-0,198
92,24	15	-0,320

123,43	10	-0,463
158,35	5	-0,633

Ширина зоны застоя равна:

$$\Delta_{\varphi 3} = \frac{A_0 - A(t = nT)}{4n} = \frac{A_0 - A(\bar{t}_{25^\circ})}{4 * \frac{\bar{t}_{25^\circ}}{T}} = 0.06^\circ$$

Колебания прекратятся через n_{max} периодов колебаний:

$$n_{max} = \frac{A_0}{4\Delta_{\varphi 3}} \approx 125$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^5 t_i A_i}{\sum_{i=1}^5 t_i^2} = 0,041 \text{ c}^{-1}$$

$$\theta = \frac{1}{\beta} = 245 \text{ c}$$

Среднее значение всех экспериментальных значений T^2 и I :

$$\overline{T^2} = \frac{1}{N} \sum T_i^2 = 3,34 \text{ c}^2$$

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum I_i = 4,4 \text{ кг} * \text{м}^2$$

Таблица 4

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}$	0,077					
$R_{\text{ниж}}$	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	0,037	0,045	0,052
I	0,032	0,035	0,04	0,046	0,05	0,06
$l_{\text{пр эксп}}$	0,6	0,67	0,76	0,88	1,02	1,14
$l_{\text{пр теор}}$	0,5	0,56	0,64	0,73	0,84	0,96

$$I_{\text{гр1}} = m_{\text{гр}}(R_{\text{верх}}^2 + R_{\text{ниж}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2) = 0,408 * (0,077^2 + 0,202^2 + 2 * 0,077^2) \approx 0,024 \text{ кг} * \text{м}^2$$

$$I_1 = I_{\text{гр1}} + I_0 = 0,024 + 0,008 = 0,032 \text{ кг} * \text{м}^2$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{mgl} \Rightarrow ml = \frac{4\pi^2 \sum_{i=1}^6 I_i^2}{g \sum_{i=1}^6 I_i T_i^2} = 0,057 \text{ кг} * \text{м}$$

$$l_{\text{теор}} = \frac{ml}{4m_{\text{гр}}} = \frac{0,057}{4 * 0,408} = 0,035 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр эксп 1}} = \frac{T_1^2 g}{4\pi^2} \approx 0,6 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр теор } 1} = \frac{I_1}{ml} \approx 0,5 \text{ м}$$

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

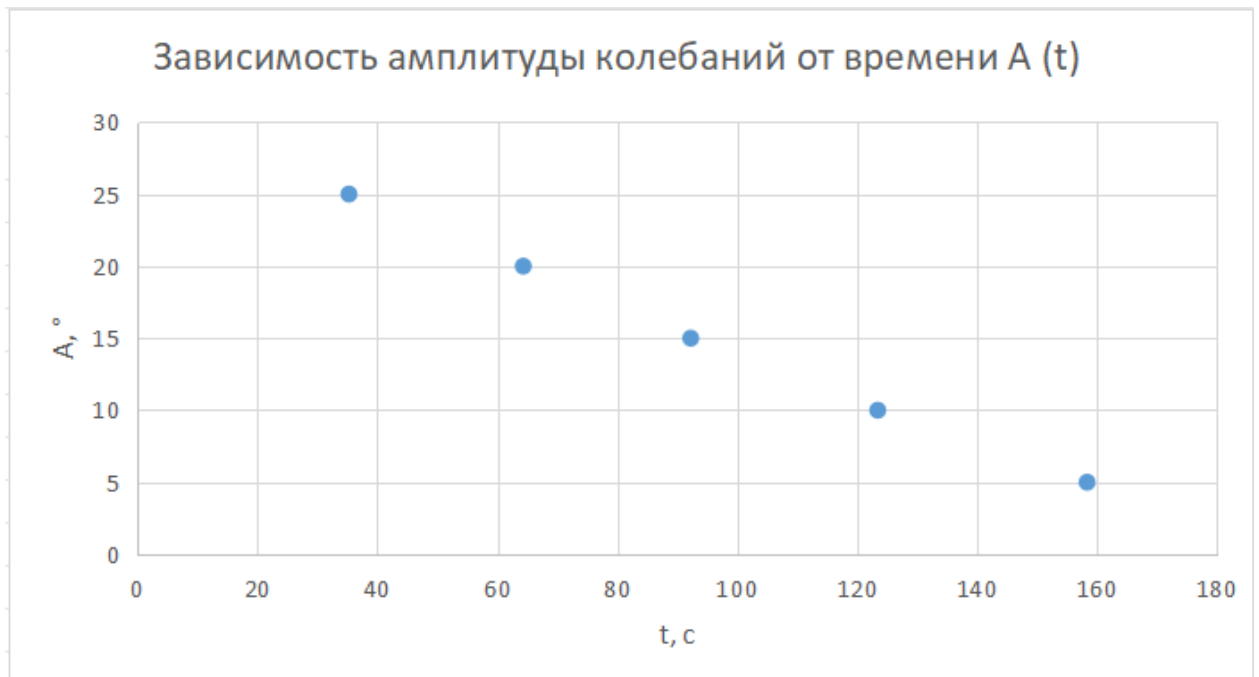


Рисунок 1 - График зависимости амплитуды от времени

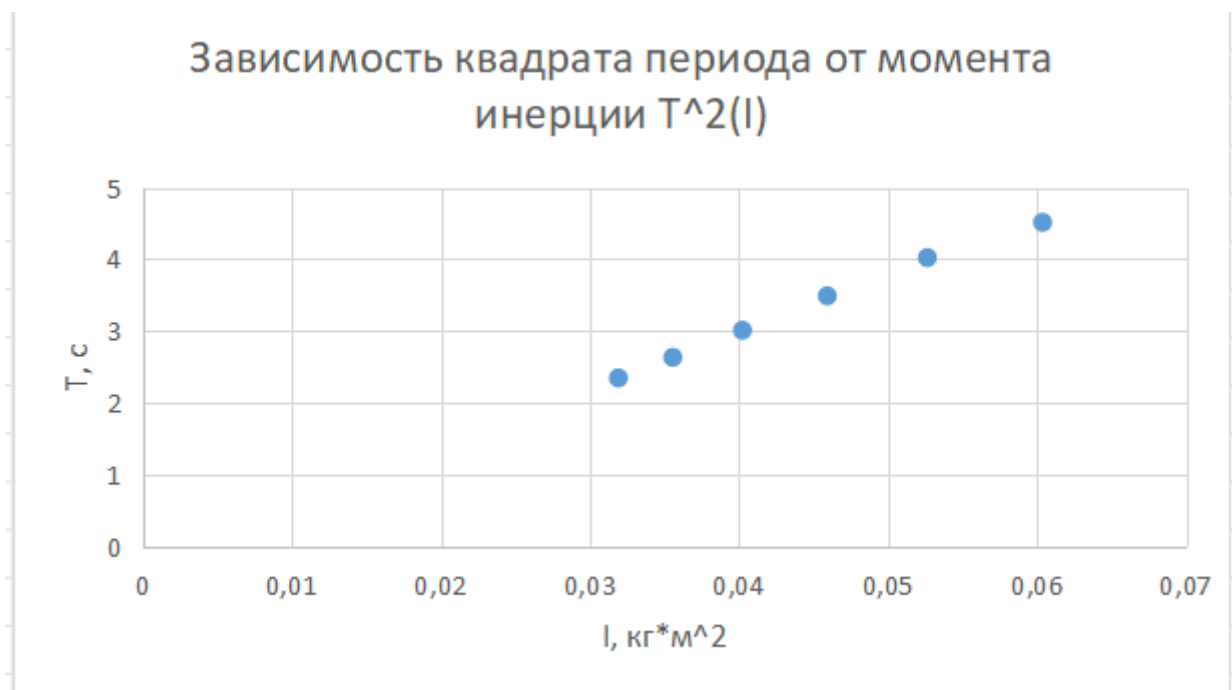


Рисунок 2 - График зависимости квадрата периода от момента инерции

11. Окончательные результаты

Риски	1	2	3	4	5	6
$l_{\text{пр эксп}}$	0,6	0,67	0,76	0,88	1,02	1,14
$l_{\text{пр теор}}$	0,5	0,56	0,64	0,73	0,84	0,96

Ширина зоны застоя равна:

$$\Delta\varphi_3 = 0,06^\circ$$

Колебания маятника с грузами, установленными на третьей риске, прекратятся через 125 периодов колебаний.

12. Выводы и анализ результатов работы

При выполнении лабораторной работы мной были изучены затухающие колебания физического маятника и измерены периоды колебаний при разных положениях грузов на боковых спицах. При расчётах я выявила экспоненциальную зависимость амплитуды затухающих колебаний от времени, из чего можно сделать вывод, что влияние вязкого трения является очень сильным (график 1).

Экспериментальные и теоретические значения длины маятника всех положений грузов (кроме груза на первой риске) оказались схожими, с погрешностью менее 10%, следовательно точность измерений достаточно высока.