

Группа P3210, P3208 К работе допущен _____

Студент Чжун Цзяцзюнь, Су Лянхуа Работа выполнена _____

Преподаватель Сорокина Елена Константиновна Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.05

ИССЛЕДОВАНИЕ 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 ± 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 ± 0,2) мм
6.	Диаметр ступицы	(46,0 ± 0,5) мм
7.	Диаметр груза на крестовине	(40,0 ± 0,5) мм

8.	Высота груза на крестовине	(40,0 ± 0,5) мм
9.	Расстояние, проходимое грузом (h)	(700,0 ± 0,1) мм

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

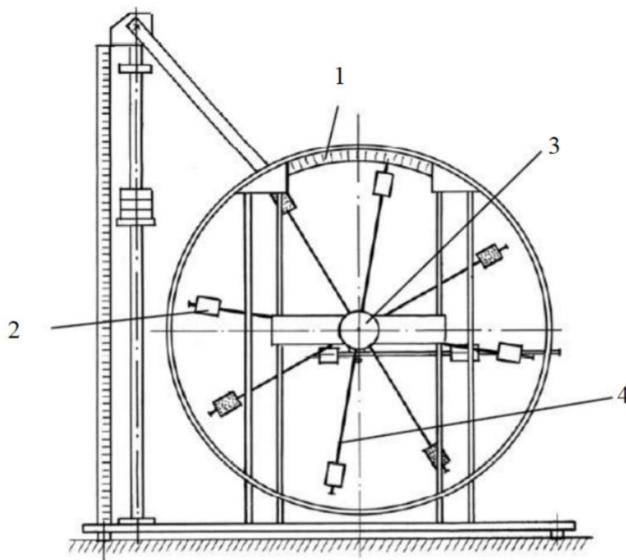


Рис. 1. Стенд лаборатории механики (общий вид)

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 обработка (таблицы, примеры расчетов).

Замеры времени 10 колебаний маятника

t ₁	18,26
t ₂	18,17
t ₃	18,23

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{18.26 + 18.17 + 18.23}{3} = 18.22 \text{ с.}$$

$$N = 10$$

$$T = \frac{\bar{t}}{N} = \frac{18.22}{10} = 1,822 \text{ с.}$$

Таблица 2.

Амплитуда отклонения	25°	20°	15°	10°	5°
Время					
$t_1, \text{с}$	40.91с	87.26с	136.26с	191.42с	253.73с
$t_2, \text{с}$	34.57с	78.62с	130.06с	185.29с	240.78с
$t_3, \text{с}$	38.80с	82.57с	132.03с	185.20с	244.13с
$t_{\text{cp}}, \text{с}$	38.09с	82.82с	132.78с	187.30с	246.21с

Таблица 3.

Положение боковых грузов	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$t_{\text{cp}}, \text{с}$	T, с
1 риска	15.21с	16.54с	15.96с	15.90с	1.59с
2 риски	17.01с	17.52с	16.94с	17.16с	1.72с
3 риски	18.04с	18.11с	18.08с	18.08с	1.81с
4 риски	19.24с	19.35с	19.30с	19.30с	1.93с
5 рисок	20.59с	20.65с	20.7с	20.65с	2.07с
6 рисок	22.06с	22.07с	22.09с	22.07с	2.21с

Таблица 4.

Риски	1	2	3	4	5	6
R _{верх}			0.077м			
R _{ниж}			0.202м			
R _{бок}	0.077м	0.102м	0.127м	0.152м	0.177м	0.202м
I _{гр}	0.024 м	0.028 м	0.032 м	0.038 м	0.045 м	0.052 м
I	0.032 м	0.036 м	0.040 м	0.046 м	0.053 м	0.060 м
I _{пр эксп}	0.641 м	0.746 м	0.828 м	0.943 м	1.080 м	1.234 м

I _{пр теор}	0.506	0.564	0.639	0.729	0.835	0.958
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

$$I_{ep1} = m_{ep}(R_{\text{вепх}}^2 + R_{\text{ниж}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2) = 0,408 * (0,077^2 + 0,202^2 + 2 * 0,077^2) \approx 0.024 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$I_l = I_{ep1} + I_0 = 0,024 + 0,008 = 0,032 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{mgl} \Rightarrow ml = \frac{4\pi^2 \sum_{i=1}^6 I_i^2}{g \sum_{i=1}^6 I_i T_i^2} = \frac{0.462}{11.536} \approx 0.040 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$l_{\text{теор}} = \frac{ml}{4m_{\text{рп}}} = \frac{0.040}{4 * 0.408} = \frac{0.040}{1.632} \approx 0.025 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр эксп 1}} = \frac{T_1^2 g}{4\pi^2} = \frac{(1.59)^2 * 9.81}{4 * \pi^2} \approx 0.641 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр теор 1}} = \frac{I_1}{ml} = \frac{0.032}{0.408 * 0.057} \approx 0.506 \text{ м}$$

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

График зависимости амплитуды колебаний от времени.

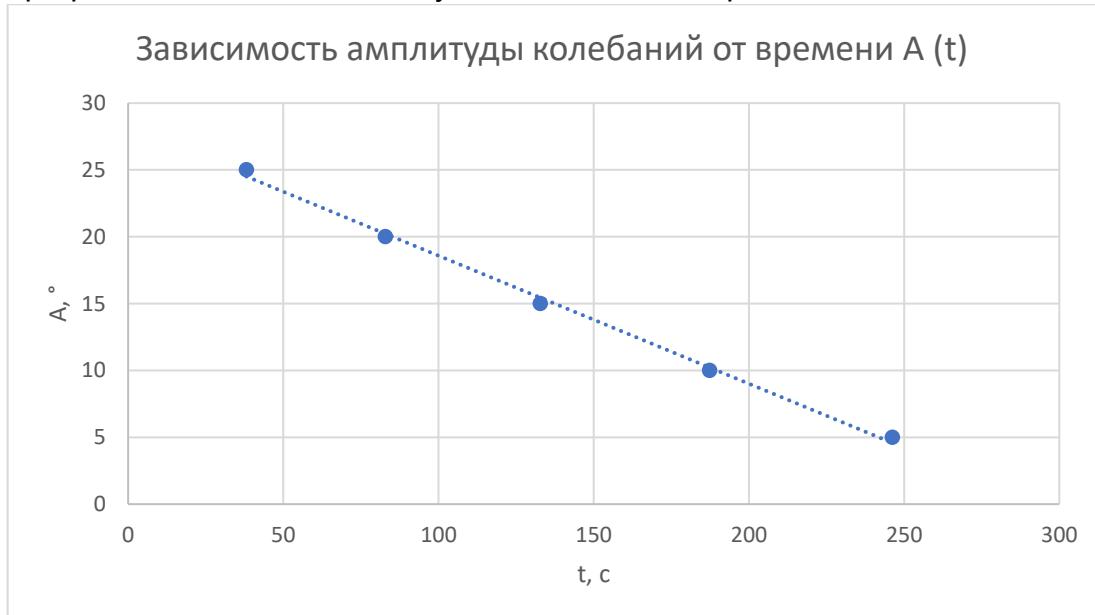
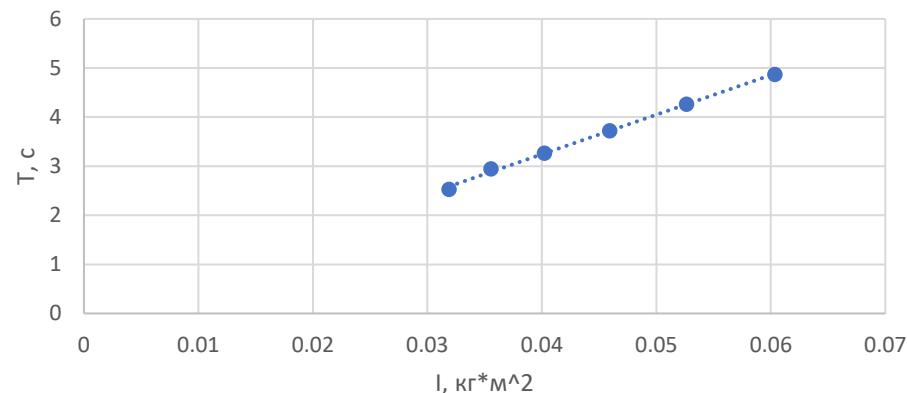


График зависимости квадрата периода от момента инерции маятника.

Зависимость квадрата периода от момента инерции $T^2(I)$



10. Окончательные результаты.

Риски	1	2	3	4	5	6
$I_{\text{пр эксп}}$	0.641 м	0.746 м	0.828 м	0.943 м	1.080 м	1.234 м
$I_{\text{пр теор}}$	0.506 м	0.564 м	0.639 м	0.729 м	0.835 м	0.958 м

$$\overline{I_{\text{пр эксп}}} = 0.912 \text{ м}$$

$$\overline{I_{\text{пр теор}}} = 0.705 \text{ м}$$

$$ml \approx 0.040 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$l_{\text{теор}} \approx 0.025 \text{ м}$$

11. Выводы и анализ результатов работы

1. Тип трения:

По графику зависимости амплитуды колебаний от времени $A(t)$ наблюдается линейный распад, что характерно для сухового трения. Таким образом, в данной системе преобладает сухое трение.

2. Сравнение приведенных длин:

Экспериментальные значения приведенной длины $I_{\text{пр эксп}}$ в среднем превышают теоретические $I_{\text{пр теор}}$. Это может быть связано с погрешностями измерений, неточностью определения момента инерции или влиянием неучтенных факторов (например, трения в оси).

3. Зависимость периода от момента инерции:

График $T^2(I)$ подтверждает линейную зависимость, что согласуется с теоретической формулой для физического маятника.

Общий вывод:

В ходе работы изучены характеристики затухающих колебаний физического маятника, определен преобладающий тип трения (суховое), а также установлено, что экспериментальные значения приведенной длины несколько завышены по сравнению с теоретическими, что требует уточнения модели или улучшения методики измерений.