

Университет ИТМО  
Физико-технический мегафакультет  
Физический факультет

Группа	Р3215	К работе допущен	_____
Студент	Федоров Е.В.	Работа выполнена	_____
Преподаватель	Хвастунов Н.Н.	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

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

Объект исследования - колебания физического маятника.

# 4 Метод экспериментального исследования

Многократное прямое измерение времени, необходимое маятнику на совершение определенного количества колебаний.

# 5 Рабочие формулы и исходные данные

1. Период колебаний  $T = \frac{\bar{t}}{N}$ , где  $\bar{t}$  - среднее время десяти колебаний,  $N = 10$ .
2. Расстояние центра груза от оси вращения  $R = l_1 + (n - 1)l_0 + b/2$ , где  $l_1$  - расстояние от оси вращения до первой риски,  $l_0$  - расстояние между соседними рисками,  $b$  - размер груза вдоль спицы.
3. Момент инерции грузов  $I_{\text{гр}} = m_{\text{гр}}(R_{\text{верх}}^2 + R_{\text{нижн}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2)$
4. Полный момент инерции физического маятника  $I = I_{\text{гр}} + I_0$ , где  $I_0$  - момент инерции ступицы и крестовины, равный  $8 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}$
5. Период колебаний маятника  $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}}$ ,  $T^2 = 4\frac{\pi^2 I}{mgl}$
6. Приведенная длина маятника  $l_{\text{пр,теор}} = I/(ml)$ ,  $l_{\text{пр,эксп.}} = (T^2 \cdot g)/(4 \cdot \pi^2)$

№п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность
1	Шкала	Аналоговый	60 °	1 °
2	Секундомер	Цифровой	300 с.	0.01 с

Таблица 1: Измерительные приборы

## 6 Измерительные приборы

## 7 Схема установки

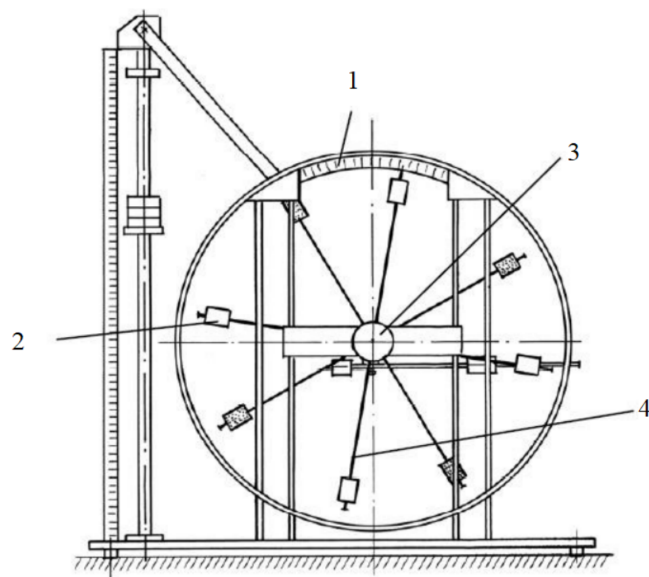


Рис. 1: Схема установки

## 8 Результаты прямых измерений и их обработки

Амплитуда отклонения Время	25°	20°	15°	10°	5°
$t_1 = 18.56, \text{ с}$	37.36	84	145	209	284
$t_2 = 18.51, \text{ с}$	42.63	90	145	215	296
$t_3 = 19.67, \text{ с}$	46.46	97	145	212	296
$t, \text{ с}$	42.15	90.3	145	212	292

Таблица 2: Зависимость времени от амплитуды отклонения

Положение боковых грузов	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$t_3, \text{ с}$	$\langle t \rangle, \text{ с}$	$T, \text{ с}$
1 риска	16.50	16.60	16.50	16.533	1.653
2 риска	17.30	17.47	17.53	17.433	1.743
3 риска	18.64	18.58	18.48	18.566	1.857
4 риска	19.84	20.03	19.86	19.91	1.991
5 риска	21.24	21.32	21.42	21.326	2.133
6 риска	22.82	22.80	22.68	22.767	2.276

Таблица 3: Зависимость времени, необходимого на совершение 10 колебаний, от положения боковых грузов

## 9 Расчет результатов косвенных измерений

График зависимости амплитуды колебаний  $A(t)$  от времени представлен на рисунке 2. В затухании главную роль играет вязкое трение. График, соответствующий формуле  $\ln(A/A_0) = -\beta t$  представлен на рисунке 3. Коэффициент затухания  $\beta \approx 0.00638$ , время затухания  $\tau = 1/\beta \approx 156.77$  с.

График  $T^2(I)$  представлен на рис. 4. По методу наименьших квадратов была проведена аппроксимирующая прямая. Ее угловой коэффициент  $k \approx 86.70087$ . Таким образом,  $ml = (4\pi^2)/(kg) \approx 0.04637$ .

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{в}}, \text{ м}$	0.077					
$R_{\text{н}}, \text{ м}$	0.202					
$R_{\text{б}}, \text{ м}$	0.077	0.102	0.127	0.152	0.177	0.202
$I_{\text{гр}}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	0.0239	0.0276	0.0322	0.0379	0.0446	0.0524
$I, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	0.0319	0.0356	0.0402	0.0459	0.0526	0.0604
$l_{\text{пр}} \text{ эксп}, \text{ м}$	0.6796	0.7557	0.8577	0.9860	1.1316	1.2885
$l_{\text{пр}} \text{ теор}, \text{ м}$	0.6880	0.7668	0.8675	0.9903	1.1350	1.3017

Таблица 4: Результаты вычисления  $I$  и  $l$  в зависимости от положения грузов

## 10 Графики

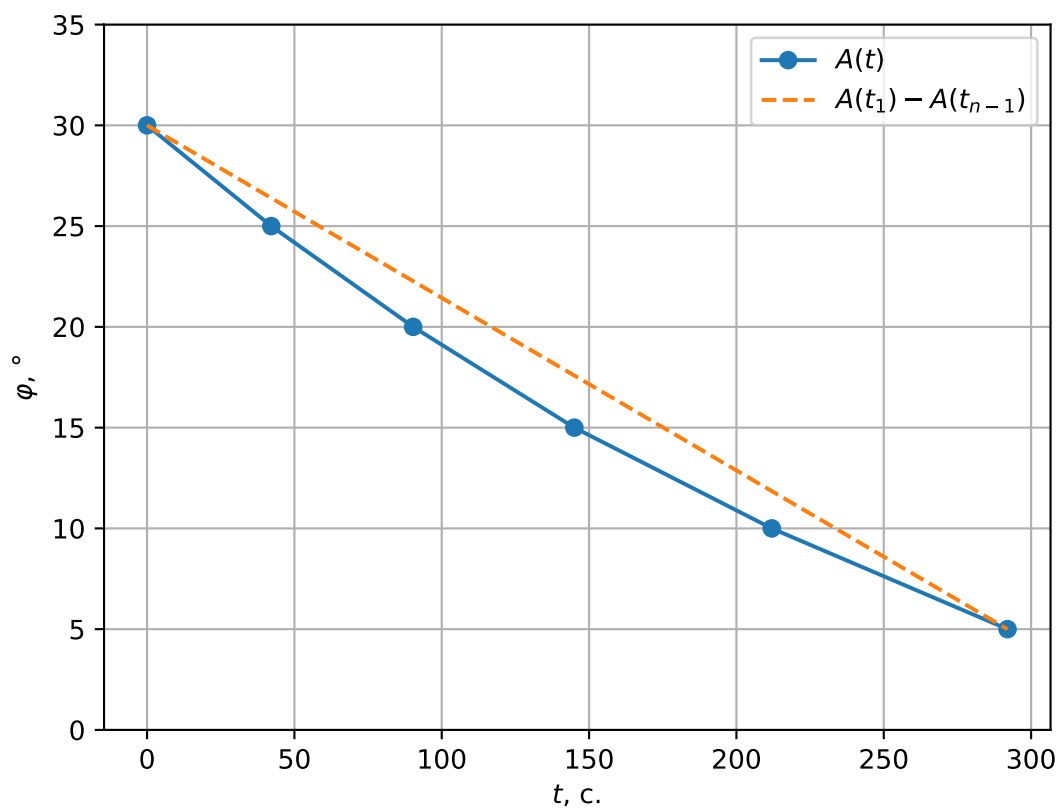


Рис. 2: График зависимости амплитуды колебаний  $A(t)$  от времени

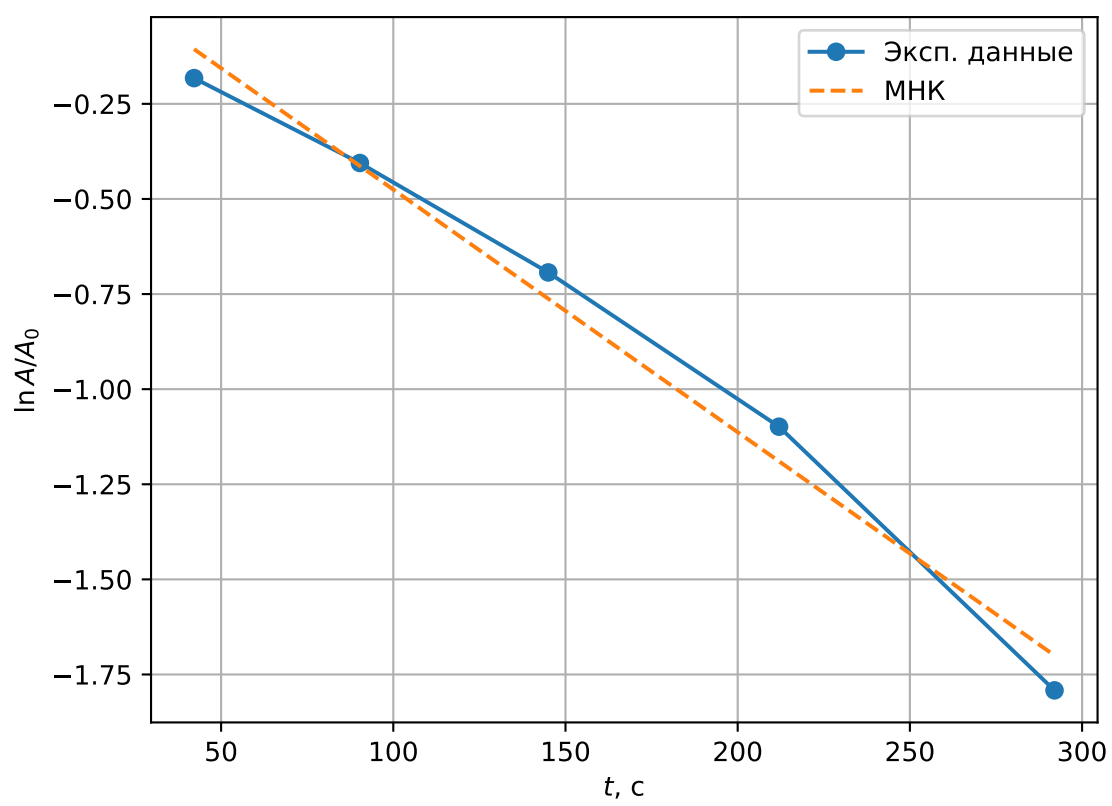


Рис. 3: График зависимости  $\ln A/A_0$  от  $t$

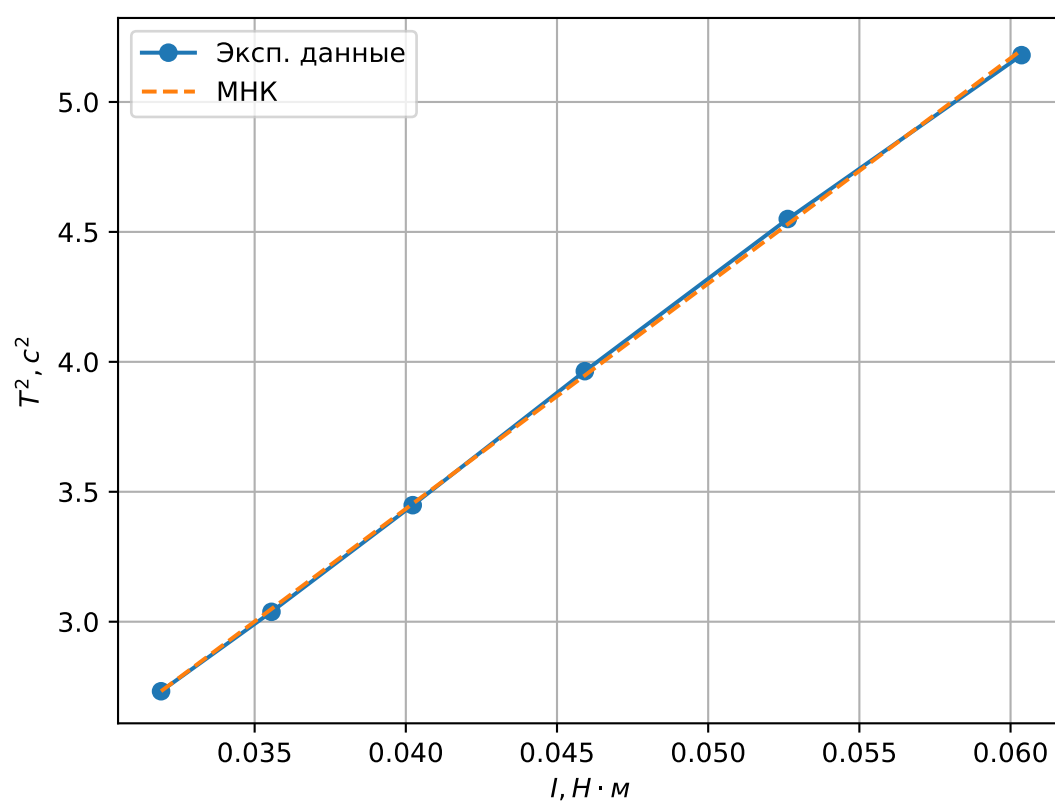


Рис. 4: График зависимости  $T^2$  от  $I$



## 11 Вывод и анализ результатов работы

При выполнении работы было изучено движение физического маятника, было установлено, что преобладающим типом трения является вязкое трения. Экспериментальным и теоретическим путем были определены приведенные длины маятника при его разных конфигурациях. Оказалось, что разность длин не превосходит по модулю 0.02 м.