

Группа Р3221

К работе допущен \_\_\_\_\_

Студент Рязанов Д. Трутнева А.

Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Хуснутдинова Н.Р.

Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.05

### Исследование колебаний физического маятника

#### 1. Цель работы.

Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника.

#### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- ) Измерение периода затухающих колебаний.
- ) Определение зависимости амплитуды затухающих колебаний физического маятника от времени.
- ) Определение зависимости периода колебаний от момента инерции физического маятника.
- ) Определение преобладающего типа трения.
- ) Определение экспериментальной и теоретической приведенных длин маятника при его разных конфигурациях.

#### 3. Объект исследования.

Физический маятник.

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Многократные измерения времени колебания маятника с разным моментом инерции.

#### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$T = \frac{\bar{t}}{N} \quad A(t = nT) = A_0 - 4n\Delta\phi_3 \quad R = l_1 + (n-1)l_0 + b/2 \quad I_{zp} = m_{zp}(R_{\text{верх}}^2 + R_{\text{ниж}}^2 + 2R_{\text{бок}}^2)$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \quad I_{np} = \frac{I}{ml} = \frac{I_0}{ml} + l$$

#### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Секундомер	Электронный	0-4 мин	5 мс

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

Параметры установки

Наименование	Значение	Погрешность	Единицы измерения
Масса грузов на крестовине	408	$\pm 0,5$	г
Расстояние первой риски от оси	57	$\pm 0,5$	мм
Расстояние между рисками	25	$\pm 0,2$	мм
Диаметр ступицы	46	$\pm 0,5$	мм
Диаметр груза на крестовине	40	$\pm 0,5$	мм
Высота груза на крестовине	40	$\pm 0,5$	мм

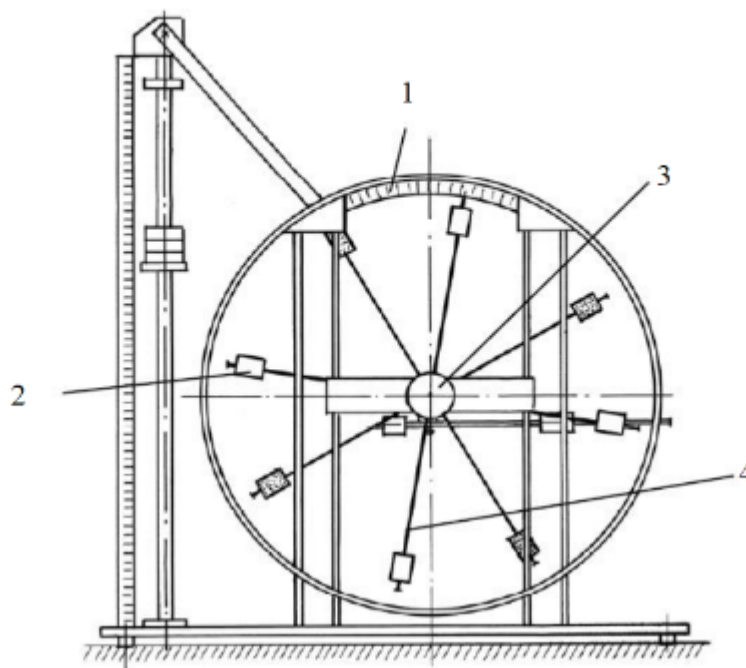


Рис. 4. Стенд лаборатории механики (общий вид)

Работа выполняется на универсальном стенде (рис. 4). В состав установки входят:

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

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

$t_1 = 18.20 \text{ с}$   
 -) Время десяти колебаний маятника  $t_2 = 18.00 \text{ с}$  (6-ой пункт измерений)  
 $t_3 = 17.97 \text{ с}$   
 $\bar{t} = 18.06 \text{ с}$      $T = 1.806 \text{ с}$

-) (7-ой пункт измерений)

Амплитуда отклонения Время	25°	20°	15°	10°	5°
$t_1, \text{с}$	35,59	71,69	109,13	153,79	192,84
$t_2, \text{с}$	34,03	66,39	98,34	134,17	165,03
$t_3, \text{с}$	34,36	68,73	99,68	135,58	167,22
$\bar{t}, \text{с}$	34,66	68,94	102,38	141,18	175,03

-) (8-9 пункты измерений)

Положение боковых грузов	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_3, \text{с}$	$\bar{t}, \text{с}$	$T, \text{с}$
1 риска	16,16	16,16	16,15	16,16	1,62
2 риски	16,96	17,03	17,06	17,02	1,7
3 риски	18,03	18,06	18,12	18,07	1,81
4 риски	19,25	19,25	19,28	19,26	1,93
5 рисков	20,57	20,56	20,66	20,6	2,06
6 рисков	21,90	21,97	21,97	21,95	2,2

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

По графику зависимости амплитуды от времени (см. 10 пункт отчета) можно сделать вывод что в затухании колебаний главную роль играет сухое трение.

Тогда  $A(t=nT) = A_0 - 4n\Delta\phi_3$

$$\begin{aligned}
 n_{25} &= \frac{34.66}{1.81} \approx 19 \Rightarrow \Delta\phi_3 = 0.06 \\
 n_{20} &= \frac{68.94}{1.81} \approx 38 \Rightarrow \Delta\phi_3 = 0.06 \\
 T = 1.81 \text{ с} = \frac{t}{n} \Rightarrow n = \frac{t}{T} \Rightarrow n_{15} &= \frac{102.38}{1.81} \approx 57 \Rightarrow \Delta\phi_3 = 0.06 \\
 n_{10} &= \frac{141.18}{1.81} = 78 \Rightarrow \Delta\phi_3 = 0.06 \\
 n_5 &= \frac{175.03}{1.81} \approx 96 \Rightarrow \Delta\phi_3 = 0.06
 \end{aligned}$$

Колебания прекратятся, когда А будет равно 0.06

$$0.06 = 30 - 4n * 0.06 \Rightarrow n = 124.75 \approx 125$$

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}$ , м	0.077					
$R_{\text{ниж}}$ , м	0.202					
$R_{\text{бок}}$ , м	0.077	0.102	0.127	0.152	0.177	0.202
$I_{\text{гр}}$ , Н*м	0.024	0.028	0.032	0.038	0.045	0.052
$I$ , Н*м	0.032	0.036	0.04	0.046	0.053	0.06
$l_{\text{пр эксп}}$ , м	0.649	0.72	0.814	0.922	1.054	1.197
$l_{\text{пр теор}}$ , м	0.64	0.72	0.8	0.92	1.06	1.2

Найдем аппроксимацию для графика  $T^2(I)$  (см. 10 пункт отчета)

$$I_{\text{cp}} = 0.045 \quad T_{\text{cp}}^2 = 3.593$$

$$b = \frac{\sum (I_i - I_{\text{cp}})(T_i^2 - T_{\text{cp}}^2)}{\sum (I_i - I_{\text{cp}})^2} \approx 78.419 \quad a = T_{\text{cp}}^2 - bI_{\text{cp}} \approx 0.064$$

Найдем ml по угловому коэффициенту аппроксимации

$$T^2(I) = 4\pi^2 \frac{I}{gml} = bI \Rightarrow b = \frac{4\pi^2}{gml} \Rightarrow ml = \frac{4\pi^2}{bg} \approx 0.05$$

Найдем расстояние от оси до центра масс

$$l_{\text{теор}} = \left| \frac{(R_{\text{верх}} - R_{\text{ниж}})}{2} \right| = 0,0625 \text{ м}$$

# 10. Расчет погрешностей измерений (для прямых и косвенных измерений).

-) (6-ой пункт измерений)

$$\begin{aligned} t_1 &= 18.20 \text{ c} \\ t_2 &= 18.00 \text{ c} \\ t_3 &= 17.97 \text{ c} \end{aligned} \quad \bar{t} = 18.06 \text{ c} \quad S_{\bar{t}} = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}} = 0.072 \quad \Delta_{\bar{t}} = t_{\alpha, n} S_{\bar{t}} = 0.31 \quad \Delta_t = \sqrt{\Delta_{\bar{t}}^2 + \frac{2}{3} \Delta_{ut}^2} = 0.31$$

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta_t}{\bar{t}} 100 \% = 1.72 \%$$

-) (7-ой пункт измерений)

Амплитуда отклонения град	Абсолютная погрешность с	Относительная погрешность %
25	2.04	5.89
20	6.6	9.57
15	14.61	14.27
10	27.18	19.26
5	38.41	21.95

-) (8-9 пункт измерений)

Положение боковых грузов	Абсолютная погрешность с	Относительная погрешность %
1 риска	0.01	0.09
2 риски	0.13	0.75
3 риски	0.11	0.63
4 риски	0.04	0.22
5 рисков	0.14	0.66
6 рисков	0.1	0.48

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

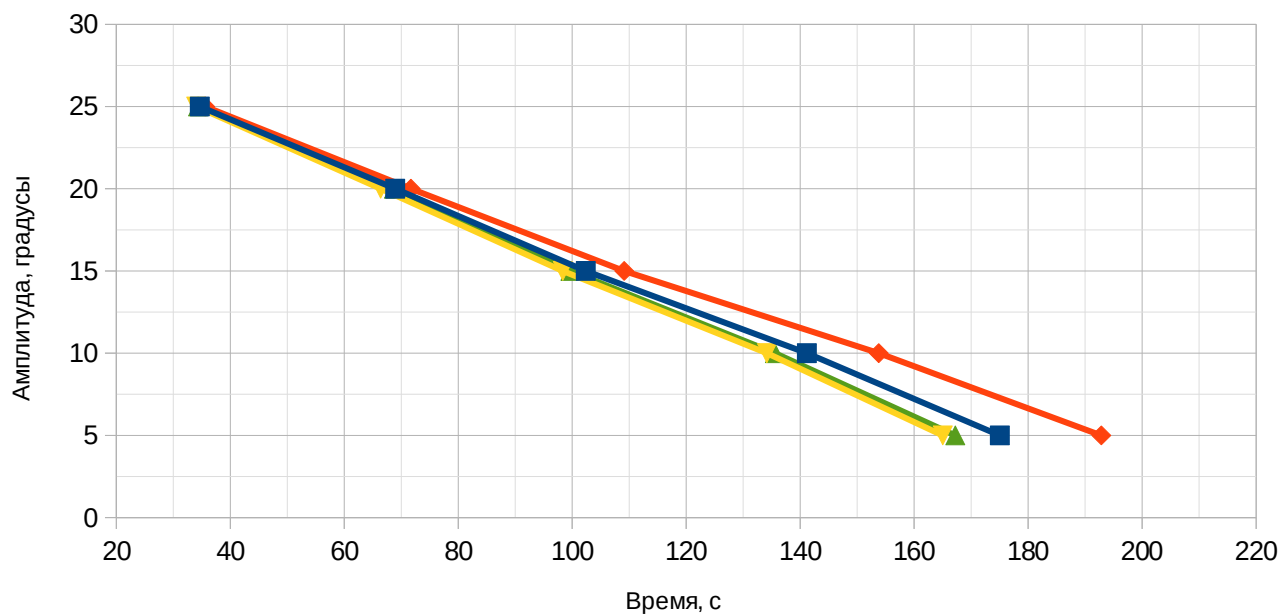


График зависимости амплитуды от времени  $A(t)$  (по таблице 2).

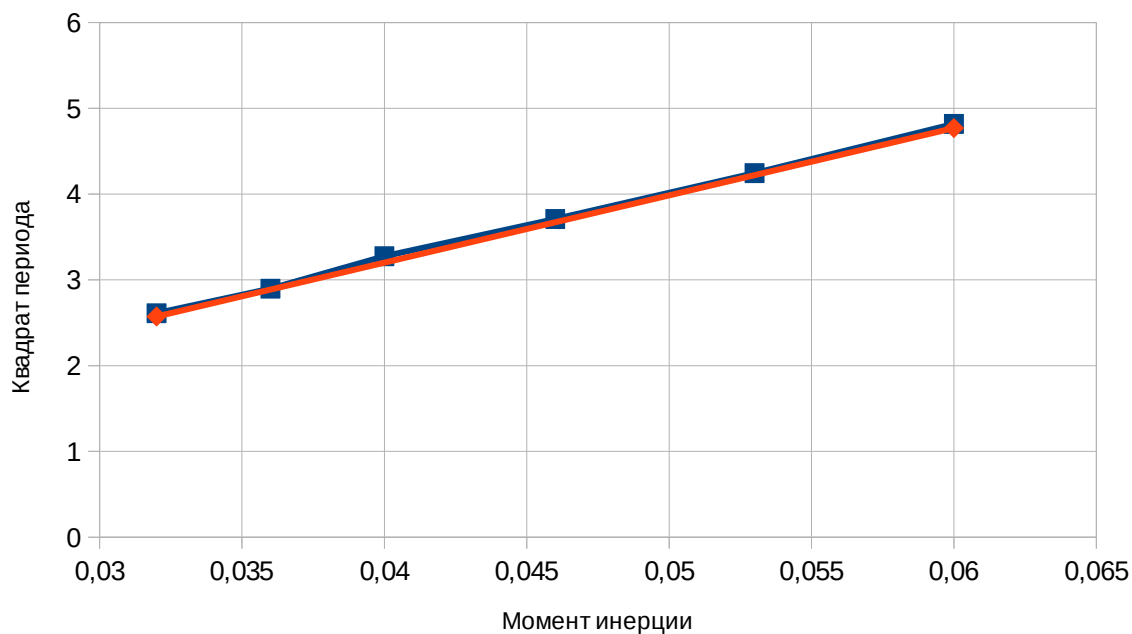


График зависимости квадрата периода от момента инерции и его аппроксимация

## 12. Окончательные результаты.

Время за которое маятник совершит 10 колебаний (6-ой пункт измерений)

$$t = (18.06 \pm 0.31) \text{ с}$$

Время за которое амплитуда будет равна 25, 20, 15, 10, 5 градусов

t, с	$34.66 \pm 2.04$	$68.94 \pm 6.6$	$102.38 \pm 14.61$	$141.18 \pm 27.18$	$175.03 \pm 38.41$
------	------------------	-----------------	--------------------	--------------------	--------------------

Время за которое маятник совершит 10 колебаний

1 риска	$16.16 \pm 0.01$
2 риски	$17.02 \pm 0.13$
3 риски	$18.07 \pm 0.11$
4 риски	$19.26 \pm 0.04$
5 риск	$20.6 \pm 0.14$
6 риск	$21.95 \pm 0.1$

Количество колебаний, после которых маятник остановится  $n = 125$

Риски	1	2	3	4	5	6
$I$ , Н*м	0.032	0.036	0.04	0.046	0.053	0.06
$l_{\text{пр эксп}}$ , м	0.649	0.72	0.814	0.922	1.054	1.197
$l_{\text{пр теор}}$ , м	0.64	0.72	0.8	0.92	1.06	1.2

## 13. Выводы и анализ результатов работы.

При выполнении работы было изучено движение физического маятника, было установлено, что преобладающим типом трения является сухое трение. Экспериментальным и теоретическим путем были определены приведенные длины маятника при его разных конфигурациях.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

16. Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*).

**Примечание:**

1. Пункты 1-6,8-13 Протокола-отчета **обязательны** для заполнения.
2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.
3. При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.
4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.