



Группа Р3118
Студент Шульга Артём Игоревич
Преподаватель Куксова Полина Алексеевна

К работе допущен
Работа выполнена
Отчёт принят

Рабочий протокол и отчёт по лабораторной работе №1.05 Исследование колебаний физического маятника

1. Цель работы.
Изучение характеристик затухающих колебаний физического маятника.
2. Задачи, решаемые при выполнении работы.
 1. Ознакомиться с установкой
 2. Выполнить измерения времени колебаний маятника
 3. Выполнить необходимые расчёты
 4. Построить график зависимости квадрата периода от момента инерции
 5. Исследовать взаимосвязь колебаний маятника от разного расположения утяжелителей
3. Объект исследования.
Маятник Обербека
4. Метод экспериментального исследования.
Многократные измерения времени колебаний маятника при разных конфигурациях положений утяжелителей.

Результаты измерений

Задание 3.2.1

$t_1 = 18,030$

$t_2 = 17,940$

$t_3 = 18,130$

Задание 3.2.2

Таблица 2

Амплитуда отклонения	25°	20°	15°	10°	5°
Время					
t_1, c	12,03	27,56	41,05	57,6	75,6
t_2, c	13,3	27,8	41,2	56,8	74
t_3, c	13	28	42	57,2	75,57
t_{cp}, c					

Задание 3.2.3

Таблица 3

Положение боковых грузов	t_1, c	t_2, c	t_3, c	t_{cp}, c	T, c
1 риска	16,16	16,22	16,12		
2 риски	16,81	17,1	17		
3 риски	18,06	18,03	18,15		
4 риски	19,38	19,41	19,43		
5 рисков	20,72	20,72	20,68		
6 рисков	22,28	22,38	22,00		

81.05.22

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Формулы для коэффициентов a , b по МНК (1) и (2): $b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$; $a = \bar{y} - b\bar{x}$

Формула для расчёта значений d_i и D для расчёта СКО в МНК (3) и (4):

$$d_i = y_i - (a + bx_i)$$

$$D = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

Формулы для СКО коэффициентов a, b по МНК (5) и (6): $S_b^2 = \frac{1}{D} \sum d_i^2$; $S_a^2 = \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{D} \right) \sum d_i^2$

Формула рассчитывания от центра до оси вращения (7): $R = l_1 + (n-1)l_0 + b/2$

Формула для расчёта момента инерции грузов (8): $I_{гр} = m_{гр}(R_{верх}^2 + R_{ниж}^2 + 2R_{бок}^2)$

Формула для расчёта полного момента инерции маятника (9): $I = I_{гр} + I_0$

Формула для коэффициента b при прохождении графика начала координат (10): $b = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2}$

Формула для расчёта приведённой длины (11): $l_{пр} = \frac{T^2 g}{4\pi^2}$

Формула для расчёта приведённой длины (12): $l_{пр} = \frac{I}{m l}$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка на установке	Аналоговый	0-700 мм	$\pm 0,5$ мм
2	Секундомер	Цифровой	0-10 с	$\pm 0,05$ с

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

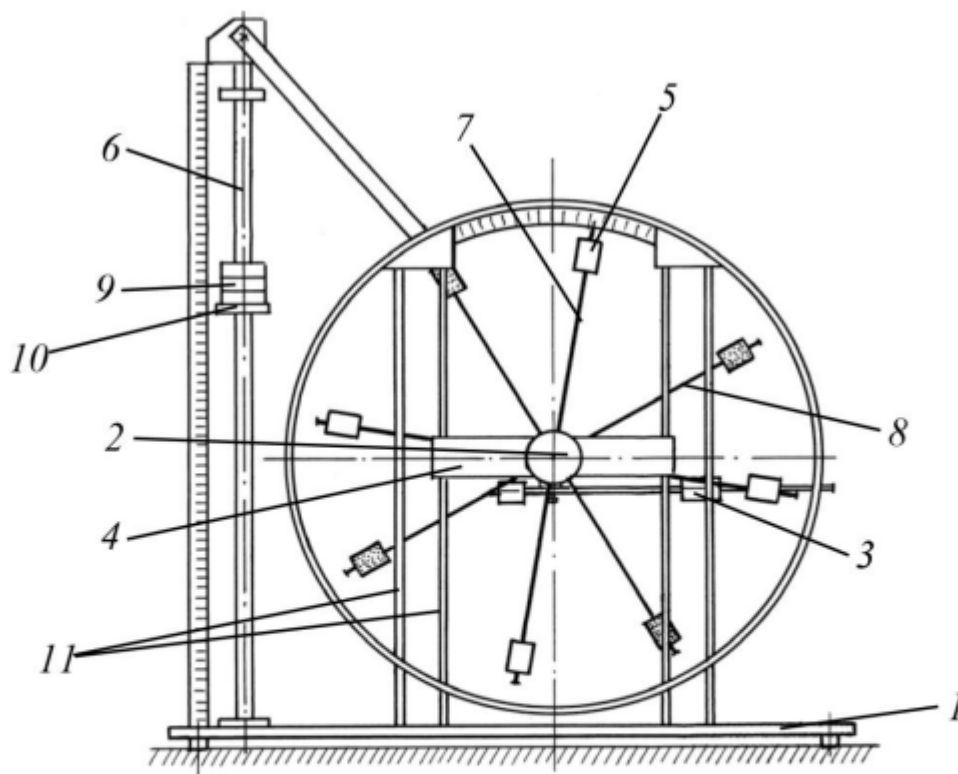


Рис. 2. Стенд лаборатории механики (общий вид):

1 – основание; 2 – рукоятка сцепления крестовин; 3 – устройство принудительного трения; 4 – поперечина; 5 – груз крестовины; 6 – трубчатая направляющая; 7 – передняя крестовина; 8 – задняя крестовина; 9 – шайбы каретки; 10 – каретка; 11 – система передних стоек.

Данные об установке

Параметр	Значение
Масса каретки	$47,0 \pm 0,5$ г
Масса шайбы	$220,0 \pm 0,5$ г
Масса грузов на крестовине	$408,0 \pm 0,5$ г
Расстояние первой риски от оси	$57,0 \pm 0,5$ мм
Расстояние между рисками	$25,0 \pm 0,2$ мм
Диаметр ступицы	$46,0 \pm 0,5$ мм
Диаметр груза на крестовине	$40,0 \pm 0,5$ мм
Высота груза на крестовине	$40,0 \pm 0,5$ мм

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

$$t_1 = 18,03 \text{ с}$$

$$t_2 = 17,94 \text{ с}$$

$$t_3 = 18,13 \text{ с}$$

Таблица 2

Амплитуда	25°	20°	15°	10°	5°
t_1 , с	$12,03 \pm 0,05$	$27,56 \pm 0,05$	$41,05 \pm 0,05$	$57,60 \pm 0,05$	$75,60 \pm 0,05$
t_2 , с	$13,30 \pm 0,05$	$27,80 \pm 0,05$	$41,20 \pm 0,05$	$56,80 \pm 0,05$	$74,00 \pm 0,05$
t_3 , с	$13,00 \pm 0,05$	$28,00 \pm 0,05$	$42,00 \pm 0,05$	$57,20 \pm 0,05$	$75,57 \pm 0,05$
$t_{\text{ср}}$, с	12,78	27,79	41,42	57,20	75,06

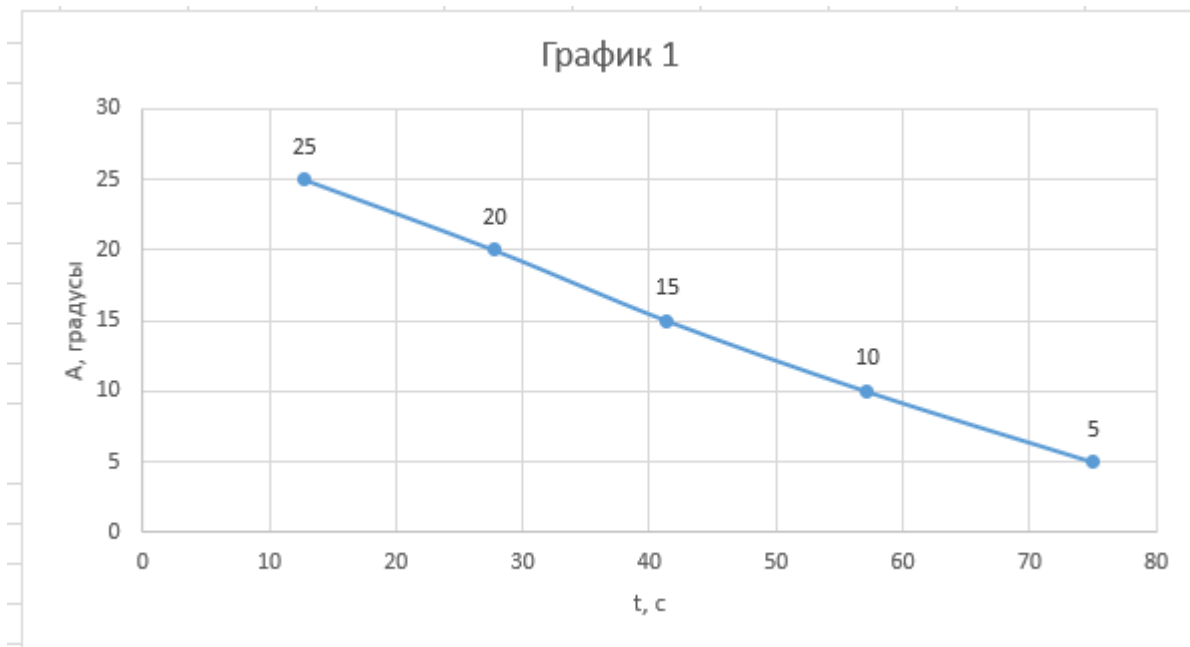
Таблица 3

Положение грузов	t_1	t_2	t_3	$t_{\text{ср}}$	T
1 риска	$16,16 \pm 0,05$ с	$16,22 \pm 0,05$ с	$16,19 \pm 0,05$ с	16,19 с	1,619 с
2 риски	$16,81 \pm 0,05$ с	$17,10 \pm 0,05$ с	$17,00 \pm 0,05$ с	16,97 с	1,697 с
3 риски	$18,06 \pm 0,05$ с	$18,03 \pm 0,05$ с	$18,15 \pm 0,05$ с	18,08 с	1,808 с
4 риски	$19,38 \pm 0,05$ с	$19,41 \pm 0,05$ с	$19,43 \pm 0,05$ с	19,41 с	1,941 с
5 рисков	$20,72 \pm 0,05$ с	$20,72 \pm 0,05$ с	$20,68 \pm 0,05$ с	20,71 с	2,071 с
6 рисков	$22,28 \pm 0,05$ с	$22,38 \pm 0,05$ с	$22,00 \pm 0,05$ с	22,22 с	2,222 с

Вычислим среднее время 10 колебаний: $\bar{t} = 18,03$ с

Из этого вычислим период: $T = \frac{18,03}{10} = 1,8$ с

Построим график зависимости амплитуды колебаний от времени.



Из графика можно сделать вывод о том, что в эксперименте преобладает сухое трение.

Используя МНК, найдём угловой коэффициент прямой.

$$A = A_0 - 4n\Delta\phi = A_0 - 4\Delta\phi \frac{t}{T}$$

$$b = \frac{-2309,6}{7133,162293} = -0,32$$

$$b = \frac{-4n \cdot \Delta\phi}{T} \Rightarrow \Delta\phi = \frac{Tb}{-4n}$$

$$\Delta\phi = \frac{1,8 \cdot -0,32}{-4 \cdot 10} = 0,014^\circ$$

Найдём количество колебаний:

$$0 = A_0 - 4n\Delta\phi$$

$$n = \frac{A_0}{4\Delta\phi}$$

$$n = \frac{30}{4 \cdot 0,014} = 535,7 \approx 535 \text{ шт}$$

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

Рассчитаем R для грузов сверху, снизу и боковые. В качестве примера рассчитаем R для верхнего груза

$$R_{\text{верх}} = 57 + 0 \cdot 25 + 40/2 = 77 \text{ мм}$$

Все остальные вычисления выполняются аналогично.

Рассчитаем моменты инерции для каждого груза по формуле (8) и заполним таблицу. В качестве примера рассчитаем момент инерции для груза с 1 риской.

$$I_{\text{гр}} = 408 \cdot (77^2 + 202^2 + 2 \cdot 77^2) = 0,024 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Все остальные вычисления выполняются аналогично.

Также вычислим полный момент инерции маятника по формуле (9). Так как вычисления очень элементарные, то опустим их и заполним таблицу.

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

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

Используя МНК нарисуем график $T^2(I)$. Так как по теории график должен проходить через начало координат, то воспользуемся формулой (10).

$$b = \frac{1,014297}{0,012423} = 81,65$$

$$b = \frac{4\pi^2}{mgl} \Rightarrow ml = \frac{4\pi^2}{bg}$$

$$ml = \frac{4\pi^2}{81,65 \cdot 9,8} = 0,049 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

Так как основная масса расположена на спицах, то предположим, что расстояние от центра масс до оси вращения можно посчитать по следующей формуле:

$$l_{\text{теор}} = \frac{R_{\text{ниж}} - R_{\text{верх}}}{2} \Rightarrow l_{\text{теор}} = \frac{202 - 77}{2} = 62,5 \text{ мм}$$

По формуле (11) приведенную длину маятника и заполним таблицу. Рассчитаем на примере положения боковых грузов на 1 риске:

$$l_{\text{пр}} = \frac{(1,619)^2 * 9,8}{4\pi^2} = 0,65 \text{ м}$$

Все остальные расчёты проведём аналогично.

По формуле (12) рассчитаем приведённую длину и заполним таблицу. Рассчитаем на примере положения грузов на 1 риске, притом возьмем l как расстояния от центра масс до оси вращения, а массу равную двум грузам (так как именно они участвуют в колебательном процессе):

$$l_{\text{пр}} = \frac{0,032}{2 \cdot 0,408 \cdot 0,0625} = 0,63 \text{ м}$$

Все остальные вычисления проведём аналогично.

Таблица 4

Риски	1	2	3	4	5	6
$R_{\text{верх}}$	77 мм					
$R_{\text{ниж}}$	202 мм					
$R_{\text{бок}}$	77 мм	102 мм	127 мм	152 мм	177 мм	202 мм
$I_{\text{гр}}$	0,024 кг*м ²	0,028 кг*м ²	0,032 кг*м ²	0,038 кг*м ²	0,045 кг*м ²	0,052 кг*м ²
I	0,032 кг*м ²	0,036 кг*м ²	0,04 кг*м ²	0,046 кг*м ²	0,053 кг*м ²	0,06 кг*м ²
$I_{\text{пр.эксп}}$	0,65 м	0,71 м	0,81 м	0,94 м	1,06 м	1,23 м
$I_{\text{пр.теор}}$	0,63 м	0,71 м	0,78 м	0,90 м	1,04 м	1,18 м

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

Не вычислялись.

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

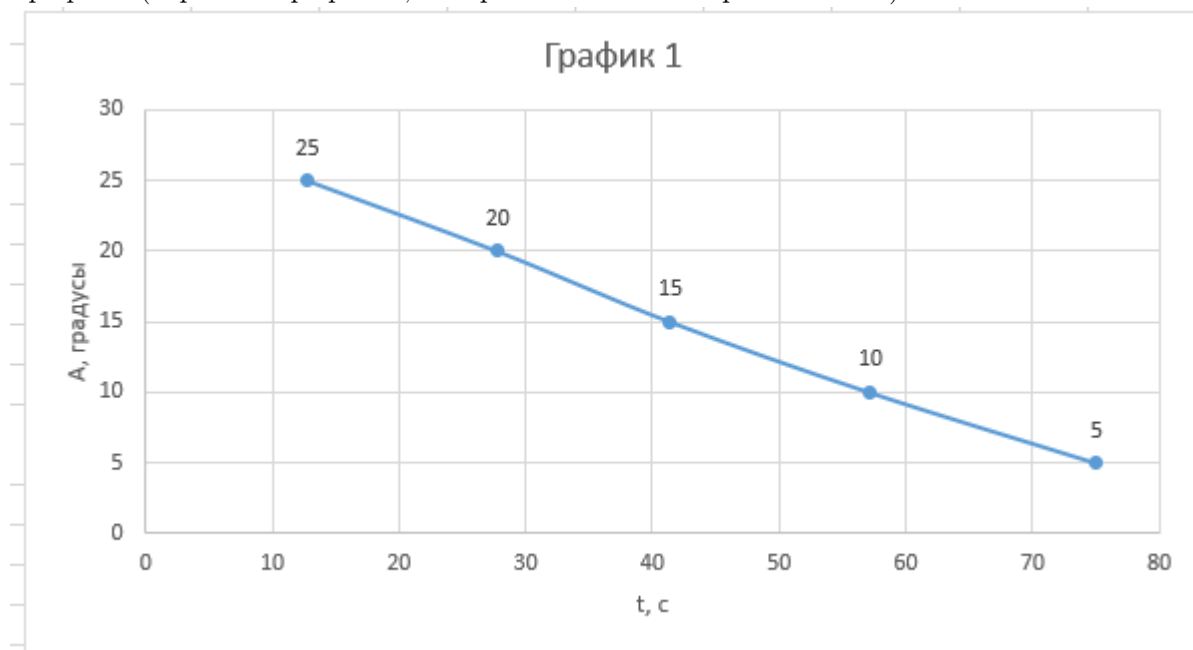
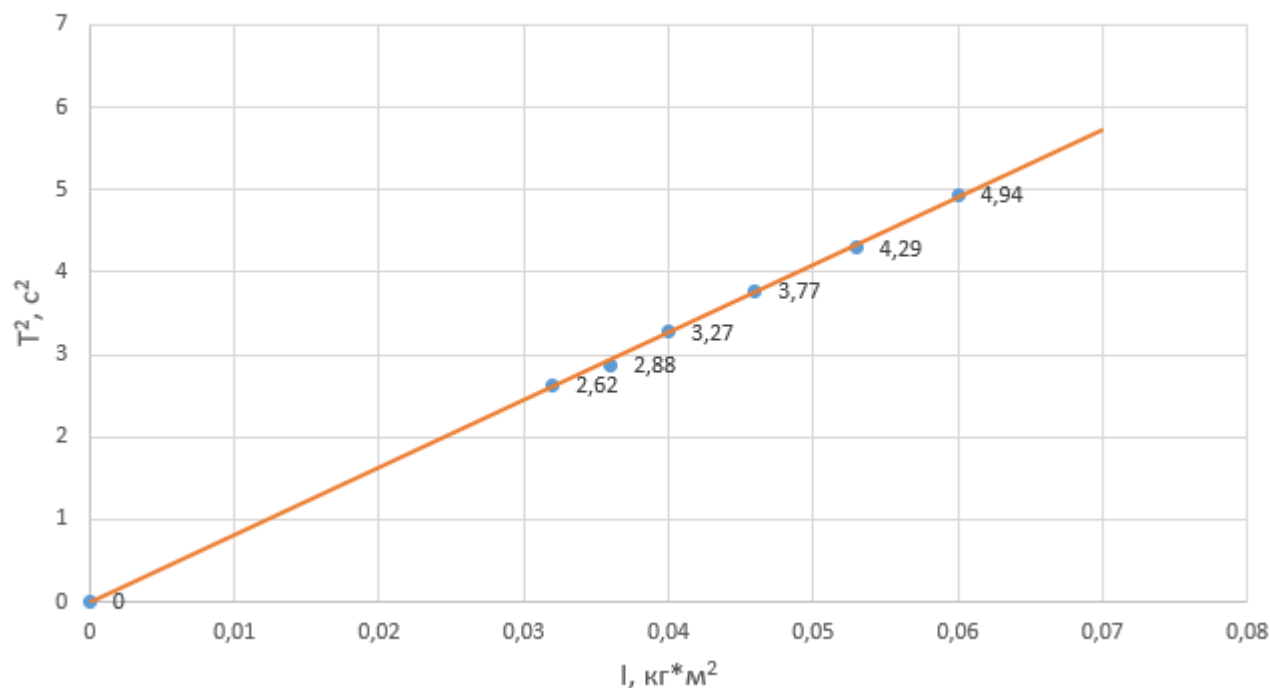


График 2



12. Окончательные результаты.

На установке, которая использовалась в эксперименте преобладает сухое трение, что можно оценить по графику колебательного процесса.

Результаты вычислений приведённой длины маятника:

$l_{\text{пр. эксп}}$	0,65 м	0,71 м	0,81 м	0,94 м	1,06 м	1,23 м
$l_{\text{пр. теор}}$	0,63 м	0,71 м	0,78 м	0,90 м	1,04 м	1,18 м

Результаты приблизительно одинаковы.

13. Выводы и анализы результата работы.

В ходе выполнения данной лабораторной работы я научился оценивать, какая сила трения преобладает в колебательном процессе, вычислять приведенную длину маятника, а также вычислять количество колебаний в системе.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

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