

# **ОТЧЁТ**

по лабораторной работе №1-7

**“Изучение механических гармонических колебаний ”**

Выполнил: студент гр.

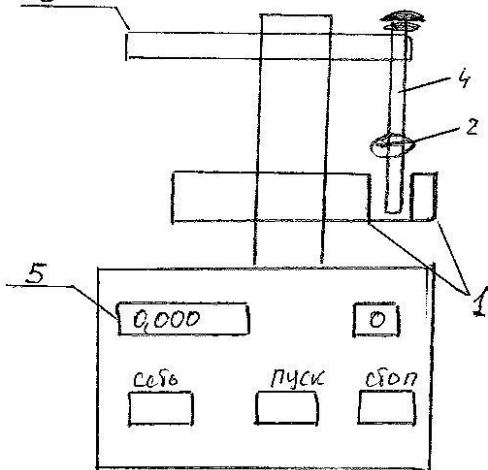
Проверил: преподаватель

Цель работы: Изучить теорию гармонического колебания. Определить ускорение свободного падения при помощи математического и физического маятников. Определить модуль ускорения свободного падения.

Приборы и принадлежности: универсальный прибор ТМ-04.

Практическая часть.

Выполнив лабораторную работу по экспериментальной установке изображенной на рисунке 1 одучил вид установки, изображенной на рисунке 1



- 1 - фотодавление
- 2 - физические маятники
- 3 - край шкалы
- 4 - шток
- 5 - индуктор

Рисунок 1. Универсальный прибор ТМ-04.

Задача 1.

1) Экспериментально определить значение  $g$  в таблице 1.

Таблица 1

N°	с, м	т, с
1	0,46	13,901
2	0,458	13,895
3	0,459	13,902
ср зч.	0,458	13,899

2) Определить модуль  $g$  на 3-5 градусах и сантиметры. Измерение времени в дел. со последним опытом повторил 3 раза и занесет в таблицу 1.

3) По формуле  $\langle g \rangle = \frac{4\pi^2 c e^2 N^2}{T^2}$  вычислить среднее значение ускорения свободного падения.

$$\langle g \rangle = \frac{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 0,459 \cdot \omega^2}{13,899^2} = \frac{1870,2}{193,2} = 9,37 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$$

4) Проверимogeneity однородности полученных измерений  
зад величин  $l$  и  $t$ , и разности в таблице 1.

$$\bar{l} = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{3} = \frac{0,46 + 0,458 + 0,459}{3} = 0,459 \text{ м};$$

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{13,901 + 13,895 + 13,902}{3} = 13,899 \text{ с};$$

5) Посчитаем однородности отдельных измерений;

$$\Delta l_1 = 0,46 - 0,459 = 0,001 \text{ м};$$

$$t_1 = 13,901 - 13,899 = 0,002 \text{ с};$$

$$\Delta l_2 = 0,458 - 0,459 = -0,001 \text{ м};$$

$$t_2 = 13,895 - 13,899 = -0,004 \text{ с};$$

$$\Delta l_3 = 0,459 - 0,459 = 0 \text{ м};$$

$$t_3 = 13,902 - 13,899 = 0,003 \text{ с};$$

6) Вычислим квадраты однородностей отдельных измерений

$$(\Delta l_1)^2 = (0,001)^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{)}$$

$$(\Delta t_1)^2 = (0,002)^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ (с}^2\text{)}$$

$$(\Delta l_2)^2 = (-0,001)^2 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{)}$$

$$(\Delta t_2)^2 = (-0,004)^2 = 16 \cdot 10^{-6} \text{ (с}^2\text{)}$$

$$(\Delta l_3)^2 = 0 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$(\Delta t_3)^2 = (0,003)^2 = 9 \cdot 10^{-6} \text{ (с}^2\text{)}$$

$$7) \sigma_l = \sqrt{\frac{(\Delta l_1)^2 + (\Delta l_2)^2 + (\Delta l_3)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 10^{-6} + 0}{6}} = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ (м)}$$

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{(\Delta t_1)^2 + (\Delta t_2)^2 + (\Delta t_3)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-6} + 16 \cdot 10^{-6} + 9 \cdot 10^{-6}}{6}} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}$$

8) Вычислим  $\rightarrow$  абсолютные погрешности полученных измерений

$$\Delta l_{\text{полн}} = t_0(n) \cdot \sigma_l = 4,3 \cdot 5,8 \cdot 10^{-4} \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$$

$$\Delta t_{\text{полн}} = t_0(n) \cdot \sigma_t = 4,3 \cdot 2,2 \cdot 10^{-3} \approx 9,46 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}$$

9) Вычислим однородности среднеквадратичных измерений

$$\Delta l_{\text{сред}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}$$

$$\Delta l_{\text{полн}} = \frac{t_0}{3} \cdot \Delta l_{\text{сред}} = \frac{1,96}{3} \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 0,65 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}$$

$$\Delta t_{\text{сред}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ (с)}$$

$$\Delta t_{\text{полн}} = \frac{t_0}{3} \cdot \Delta t_{\text{сред}} = 0,65 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}$$

10) Нахождение значений кторые определяют относительные погрешности измерений

$$\sigma_l = \sqrt{\Delta l_{\text{полн}}^2 - \Delta l_{\text{сред}}^2} = \sqrt{(2,5 \cdot 10^{-3})^2 + (0,65 \cdot 10^{-6})^2} \approx 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$$

$$\sigma_t = \sqrt{\Delta t_{\text{полн}}^2 - \Delta t_{\text{сред}}^2} = \sqrt{(9,46 \cdot 10^{-3})^2 + (1,3 \cdot 10^{-3})^2} \approx 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ (с)}$$

11) Рассчитываем относительные погрешности прямых измерений

$$E_l = \frac{\Delta l}{l} = \frac{9,46 \cdot 10^{-3}}{0,459} = 0,02 \cdot 100\% = 2\%$$

$$E_t = \frac{\Delta t}{t} = \frac{0,1 \cdot 10^{-5}}{13,899} = 6,55 \cdot 10^{-6} \cdot 100\% = 6,55 \cdot 10^{-4}\%$$

12) Окончательный результат прямых измерений длины и времени

$$l = \bar{l} \pm \Delta l = (45,9 \pm 0,946) \cdot 10^{-2}; E_l = 2\%$$

$$t = \bar{t} \pm \Delta t = (1389,8 \pm 0,946) \cdot 10^{-2}; E_t = 0,55 \cdot 10^{-4}\%$$

13) Погрешность косвенных измерений вычислим по формуле

$$\Delta g = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial t}\right)^2 \cdot \Delta t^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial l}\right)^2 \cdot \Delta l^2};$$

$$\frac{\partial g}{\partial t} = \left(\frac{4\sqrt{v} \cdot l_{cp} \cdot v^2}{t^3_{cp}}\right)' = 4\sqrt{v} \cdot l_{cp} \cdot v^2 \cdot \left(\frac{-2}{t^3_{cp}}\right) = 4 \cdot (3,14)^2 \cdot 0,459 \cdot 10^2 \cdot \left(\frac{-2}{13,899^3}\right) =$$

$$= 1810,2 \cdot \left(\frac{-2}{2685}\right) = -1,348$$

$$\frac{\partial g}{\partial l} = \left(\frac{4\sqrt{v} \cdot l_{cp} \cdot v^2}{t^3_{cp}}\right)' = \frac{1}{t^3_{cp}} \cdot (4\sqrt{v} \cdot v \cdot l_{cp}) = \frac{4\sqrt{v} \cdot v^2}{l^2_{cp}} = \frac{4 \cdot (3,14)^2 \cdot 10^2}{13,899^2} = 20,42$$

$$\Delta g = \sqrt{(-1,348)^2 \cdot (8,1 \cdot 10^{-5})^2 + (20,42)^2 \cdot (9,46 \cdot 10^{-1})^2} = \sqrt{1,5 \cdot 10^{-8} + 0,9373}$$

$$= \sqrt{0,9373} = 0,968 \frac{m}{c^2}$$

14) Рассчитаем относительную погрешность

$$E_g = \frac{\Delta g}{g} = \frac{0,968}{9,37} = 2\%$$

15) Окончательный вид

$$g = \bar{g} \pm \Delta g = (9,37 \pm 0,968) \frac{m}{c^2}; E_g = 2\% \text{ где } \alpha = 0,95$$

## Задача 2

Определим условия водоснабжения и обратного потока

- 1) Проверим условия наличия обратного потока, тогда обратный поток возможен под фазово-электрическим давлением.
- 2) Определим обратный поток на некоторый угол. Найдем угол «оброс» и отпустим поток. Измерим во время колебаний. Результаты измерений занесем в таблицу 2.

Таблица 2

N	t, с
1	14,55
2	14,57
3	14,4
ср. знач.	14,51

$$\bar{t}_{6,7} = \frac{14,55 + 14,57 + 14,4}{3} = 14,51(\text{с})$$

- 3) По формуле  $T = \frac{t_{6,7}}{N}$  найдем период колебаний  $T_1$ :  
 $T_1 = \frac{t_{6,7}}{N} = \frac{14,51}{10} = 1,451(\text{с})$

- 4) Проверим условия на некоторый угол и измерим время во время колебаний. Найдем  $T_2 = \frac{t_{6,7}}{N}$ . Результаты занесем в таблицу 3.

Таблица 3

N°	t, с
1	15,15
2	15,09
3	15,11
ср. знач.	15,12

$$\bar{t}_{6,7} = \frac{15,15 + 15,09 + 15,11}{3} = 15,12 \text{ с}$$

$$T_2 = \frac{15,12}{10} = 1,512(\text{с})$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 100\% = \frac{1,512}{1,451} \cdot 100\% \approx 1,04\%$$

- 5)  $T_1 \neq T_2$  значит несинхронизация периодов колебаний  $T_1 = T_2$  с точностью до 0,5%

- 6) При  $T_1 = T_2$  измерим расстояние между опорными точками. Это будет произвольная величина  $l_{\text{ср}}$ .

$$l_{\text{ср}} = 0,352 \text{ м}$$

- 7) По формуле  $g = \frac{4\pi^2 l_{\text{ср}}}{T_1^2}$  найдем ускорение силы тяжести

$$g = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,352}{1,451^2} = 9,567 \text{ м/с}^2$$

- 8) Зарисуем экспериментальную установку или рис. 2.

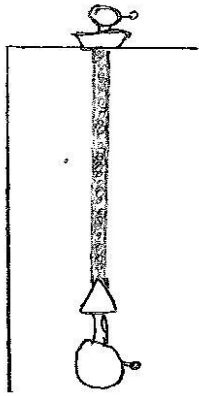


Рисунок 2

Задача 3.

- Определим период колебаний маятника
- 1) Соберем маятник в соответствии с рисунком на опоры
  - 2) Отложим маятник на некотором угле. Колебания маятника «свобод». Измерим время 10 колебаний маятника. Результаты занесем в таблицу 4.
  - 3) Зарисуем экспериментальную установку на рис. 3.

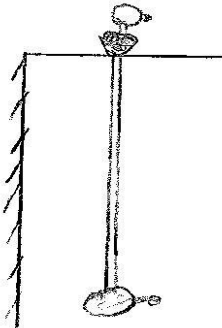


Рисунок 3

Экспериментальная установка

Таблица 4

N°	t, с
1	16,17
2	16,21
3	16,1
ср. значение	16,16

$$t_{\text{ср}} = \frac{16,17 + 16,21 + 16,1}{3} = 16,16 \text{ с}$$

- 4) По формуле  $T = \frac{t}{N}$  найдем период колебаний:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{16,16}{10} = 1,616 \text{ (с)}$$

- 5) Сделаем маятник и определим его центр тяжести на рисунке 4. Запишем  $G_0$

- 6) Зарисуем экспериментальную установку на рисунке 4



Рисунок 4

7) Силы тока при изменении 50-60 мкс, повторили ширины 2-4 мм и массы 4-5 раз.

8) По формуле  $I = \frac{mg \cos \alpha t^2}{4\pi^2 N^2}$  определены моменты инерции маятника при разных положениях груза  $m = 2,6$  кг - масса маятника

9) Экспериментальные данные занесены в таблицу 5.

Таблица 5

$N^{\circ}$	$N$	$t$ (с)	$\cos \alpha$	$I$ (кг·м <sup>2</sup> )
1	10	16,21	0,21	0,357
2	10	15,35	0,19	0,289
3	10	14,37	0,16	0,213
4	10	13,21	0,13	0,147
ср. значение	10			

$$I_1 = \frac{mg \cos \alpha t_1^2}{4\pi^2 N^2} = \frac{2,6 \cdot 9,8 \cdot 0,21 \cdot 16,21^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^2} = 0,357 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$$I_2 = \frac{mg \cos \alpha t_2^2}{4\pi^2 N^2} = \frac{2,6 \cdot 9,8 \cdot 0,19 \cdot 15,35^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^2} = 0,289 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$$I_3 = \frac{mg \cos \alpha t_3^2}{4\pi^2 N^2} = \frac{2,6 \cdot 9,8 \cdot 0,16 \cdot 14,37^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^2} = 0,213 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

$$I_4 = \frac{mg \cos \alpha t_4^2}{4\pi^2 N^2} = \frac{2,6 \cdot 9,8 \cdot 0,13 \cdot 13,21^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10^2} = 0,147 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

10) График зависимости  $I = f(\cos \alpha)$  приведен ниже, рисунок 5.

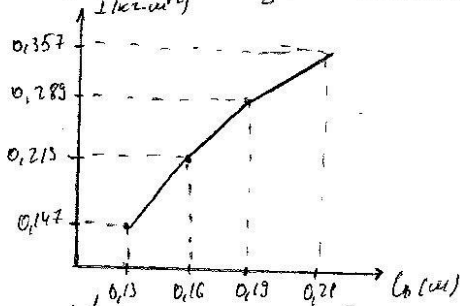


Рисунок 5. График зависимости  $I = f(\cos \alpha)$ .

Вывод: из формулы теории гармонических колебаний, определяющей период свободных колебаний при помощи метода наименьших квадратов и физических маятников.