

Группа Р3110  
Студент Лебедев Вадим Антонович  
Преподаватель Коробков Максим Петрович

Дата и время измерений 27.12.2020 14:16  
Работа выполнена  
Отчет принят

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.24V Оборотный маятник Катера

### 1. Цель работы.

- 1) Изучить колебательное движение тела на примере обратного маятника.
- 2) Определить ускорение свободного падения.

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

- 1) Измерить периоды  $T_1$   $T_2$  для каждого положения груза  $M_1$  не менее 5 раз.
- 2) Построить графики зависимостей  $\langle T_1 \rangle$  и  $\langle T_2 \rangle$ , определить положения  $x_2$  и  $x'_2$ , где  $\langle T_1 \rangle = \langle T_2 \rangle$ .
- 3) Вычислить ускорение свободного падения и определить его погрешность.

### 3. Объект исследования.

Оборотный маятник Катера.

### 4. Метод экспериментального исследования.

Многочисленные прямые измерения, вычисления значений и нахождение абсолютной и относительной погрешностей, построение графиков зависимостей.

### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$\langle T \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i - \text{расчет среднего значения.}$$

$$l_{\text{пр}} = x_2 + x'_2 - \text{приведенная длина.}$$

$$g = \frac{4\pi^2 l_{\text{пр}}}{T^2} - \text{расчет ускорения свободного падения.}$$

$$\epsilon_g = \frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{2\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_{\text{пр}}}{l_{\text{пр}}}\right)^2} - \text{расчет погрешности ускорения свободного падения.}$$

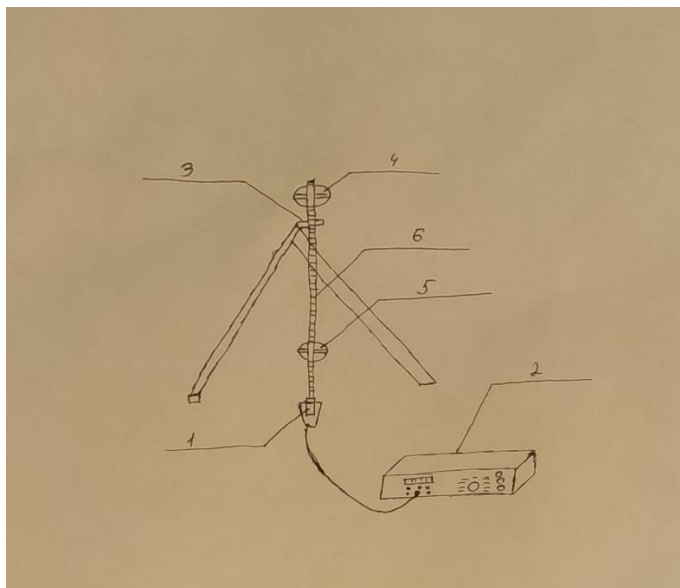
$\Delta T = 0,1\text{мс}$  – абсолютная погрешность периода колебания.

$\Delta l_{\text{пр}} = 1\text{мм}$  – абсолютная погрешность приведенной длины маятника.

### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Секундомер	Электронный	0 – 10000мс	0,1мс

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



1. Фотодатчик.
2. Электронный секундомер.
3. Точка подвеса.
4. Тяжелый груз  $M_1$ .
5. Тяжелый груз  $M_2$ .
6. Стальной стрежень.

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

Таблица №1

№	x2, мм	T1, мс	T2, мс	<T1>, мс	<T2>, мс
1	100	1915,5	1810,1	1916,9	1811,62
2		1916,5	1811,1		
3		1915,4	1813,2		
4		1918,3	1811,3		
5		1918,8	1812,4		
1	125	1850,9	1804,4	1851,26	1804,84
2		1851,7	1805,2		
3		1852,2	1805,7		
4		1850,8	1805,3		
5		1850,7	1803,6		
1	150	1796,5	1799,8	1798,5	1798,46
2		1799,1	1798,9		
3		1797,6	1798,4		
4		1799,4	1797,7		
5		1799,9	1797,5		
1	175	1755,2	1791,2	1756,46	1792,24
2		1755,3	1791,8		
3		1758,2	1793		
4		1756,6	1792,8		
5		1757	1792,4		
1	200	1724,4	1787	1724,52	1786,98
2		1724,2	1784,6		
3		1724,2	1788,1		
4		1725,5	1787,8		
5		1724,3	1787,4		
1	225	1702,6	1779,5	1701	1780,2
2		1701,9	1779,5		
3		1699,6	1780,5		
4		1701	1781		
5		1699,9	1780,5		
1	250	1682,7	1774,5	1682,7	1777,1
2		1681	1776,6		
3		1683,8	1778,2		
4		1681,9	1777,4		
5		1684,1	1778,8		

1		1671,6	1772,2		
2		1669,8	1770,4		
3		1671,9	1770,4		
4		1669,3	1773		
5	275	1672,3	1771,8	1670,98	1771,56
1		1661,5	1767,8		
2		1663,6	1768,7		
3		1661,6	1769,2		
4		1662,4	1767,6		
5	300	1663,2	1769,2	1662,46	1768,5
1		1658,1	1764,2		
2		1659,7	1768,6		
3		1660	1766,3		
4		1659,5	1765,4		
5	325	1660,5	1765,6	1659,56	1766,02
1		1659,2	1762,3		
2		1657,4	1766,3		
3		1658,1	1763,8		
4		1660,4	1765,8		
5	350	1659,6	1766,7	1658,94	1764,98
1		1661	1764		
2		1661,9	1762,6		
3		1660,8	1764,3		
4		1661,6	1762,7		
5	375	1661,5	1762,8	1661,36	1763,28
1		1665,8	1759,3		
2		1664,5	1763,8		
3		1665	1762,8		
4		1667,3	1760,3		
5	400	1667	1762	1665,92	1761,64
1		1672,7	1762		
2		1673,5	1760,9		
3		1672,8	1762,6		
4		1674,2	1763,2		
5	425	1674,4	1762,3	1673,52	1762,2
1		1681,3	1762,7		
2		1683	1763,1		
3		1682,5	1761,3		
4		1684,6	1761,8		
5	450	1681,6	1762,7	1682,6	1762,32
1		1691,4	1764,9		
2		1692,9	1762,1		
3		1691,7	1763,2		
4		1691,9	1762,6		
5	475	1692,5	1763,6	1692,08	1763,28
1		1706,2	1767		
2		1705,7	1765,1		
3		1707,3	1765,2		
4		1705,8	1767,1		
5	500	1704,9	1765,8	1705,98	1766,04
1		1718,1	1770		
2		1716,4	1769		
3		1718,6	1768,3		
4		1719,4	1770,1		
5	525	1719,5	1770,1	1718,4	1769,5
1		1731,9	1773,3		
2		1732,4	1772,3		
3		1733,9	1774,6		
4		1735,4	1772,8		
5	550	1735,5	1774	1733,82	1773,4
1		1746,8	1778,3		
2		1748,7	1778,2		
3		1748,7	1779,3		
4		1748,1	1776,2		
5	575	1749,1	1776,7	1748,28	1777,74

1	600	1765,2	1783	1764,38	1784,04
2		1763,4	1783		
3		1765,1	1784,2		
4		1763,5	1785,3		
5		1764,7	1784,7		
1	625	1781,7	1789,3	1780,94	1790,5
2		1780,2	1791,2		
3		1782,4	1791,1		
4		1780,3	1788,5		
5		1780,1	1792,4		
1	650	1797,6	1799,1	1799,24	1798,58
2		1798,3	1798,8		
3		1799,4	1798,5		
4		1800,2	1798,4		
5		1800,7	1798,1		
1	675	1814,9	1805,3	1816,26	1806,26
2		1816,4	1805,8		
3		1814,3	1806,7		
4		1818,4	1805,8		
5		1817,3	1807,7		
1	700	1834,2	1818,5	1834,38	1817,26
2		1834,6	1816,8		
3		1835,4	1815,2		
4		1833,8	1818,3		
5		1833,9	1817,5		

$$\langle T1 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i = \frac{1915,5 + 1916,5 + 1915,4 + 1918,3 + 1918,8}{5} = 1916,9$$

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

$$l_{\text{np}} = x_2 + x'_2 = 800 \text{ мм};$$

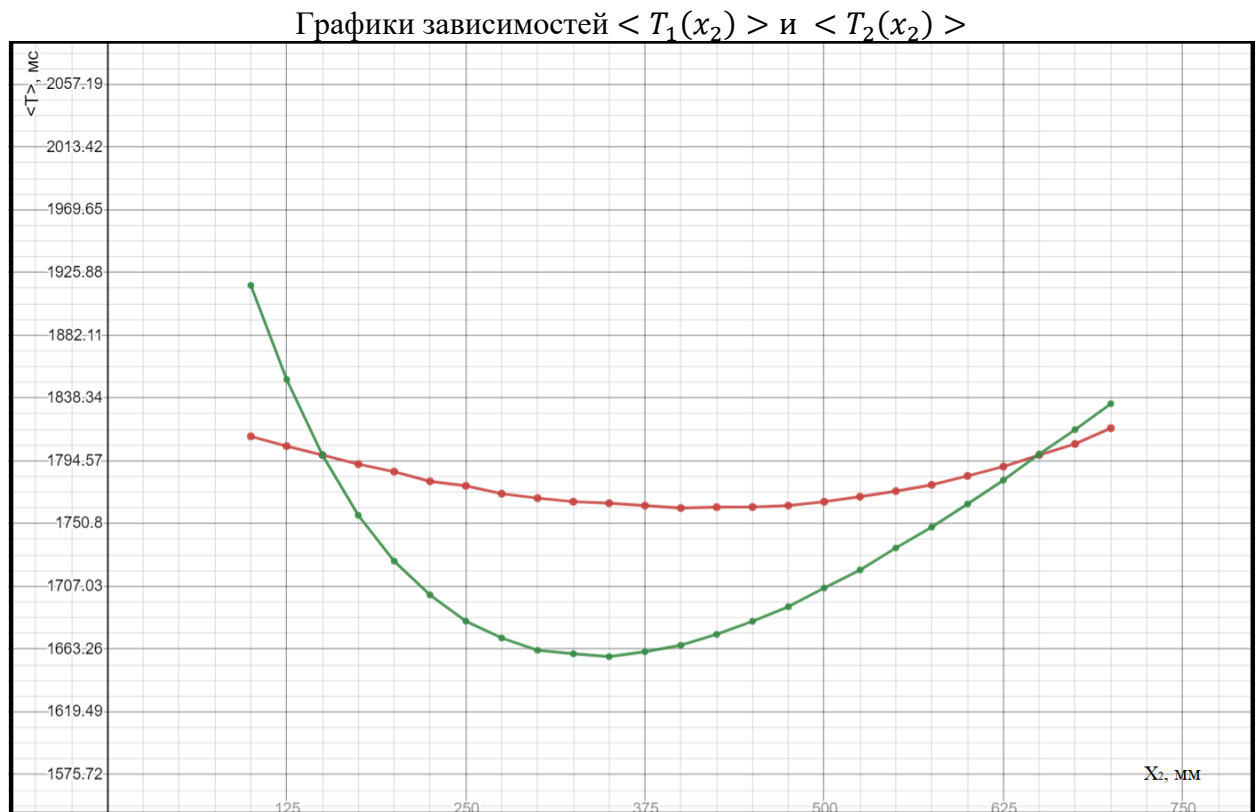
$$g = \frac{4\pi^2 l_{\text{np}}}{T^2} = \frac{4 * 3,14^2 * 0,8}{1798,7^2} = 9,761 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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

$$\epsilon_g = \frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{2\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l_{\text{np}}}{l_{\text{np}}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2 * 0,1}{1798,7}\right)^2 + \left(\frac{1}{800}\right)^2} = 0,00125$$

$$\Delta g = \epsilon_g * g = 0,012 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

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



## 12. Окончательные результаты.

1)  $g = 9,761 \pm 0,012 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ,  $\delta_g = 0,125\%$

2) Графики зависимостей  $\langle T_1(x_2) \rangle$  и  $\langle T_2(x_2) \rangle$

## 13. Выводы и анализ результатов работы.

1) Полученное ускорение свободного падения, даже с учетом погрешности, отличается от значения ускорения свободного падения Земли на каждой из широт. Это можно объяснить тем, что измерения проводились не на реальной физической модели, а на виртуальной установке.

2) Весомый вклад в погрешность ускорения свободного падения вносит погрешность приведенной длины, так как, хоть период и входит в формулу ускорения свободного падения во 2 степени, а приведенная длина в 1, но тем не менее относительная погрешность, приведенной длины больше относительной погрешности периода.