

Группа Р3207

К работе допущен _____

Студент Батманов Даниил Е.

Работа выполнена _____

Преподаватель Коробков Максим П.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.08

Маятник с переменным ускорением свободного падения

1. Цель работы.

Проверить теорию колебаний физического маятника.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

- Измерить период малых колебаний физического маятника при различных значениях ускорения свободного падения;
- Измерить зависимость периода колебаний от эффективного ускорения свободного падения;
- Определить приведённую длину физического маятника.

3. Объект исследования.

Наклонный маятник, с подключённым к нему цифровым счётчиком.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократное прямое измерение периода колебания маятника при разных значениях угла альфа (в диапазоне от 0 до 60 градусов) и разным расстоянии от центра груза до оси вращения.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$l_{пр} = \frac{I}{ma}$ – приведённая длина физического маятника;

$I = \frac{1}{3}m_{ст}l_{ст}^2 + m_{гр}l^2$ – момент инерции маятника;

$g_{эфф} = g * \cos \alpha$ – эффективное ускорение свободного падения;

$a = \frac{\frac{1}{2}m_{ст}l_{ст}^2 + m_{гр}l}{m_{ст} + m_{гр}}$ – расстояние между осью подвеса и центром масс;

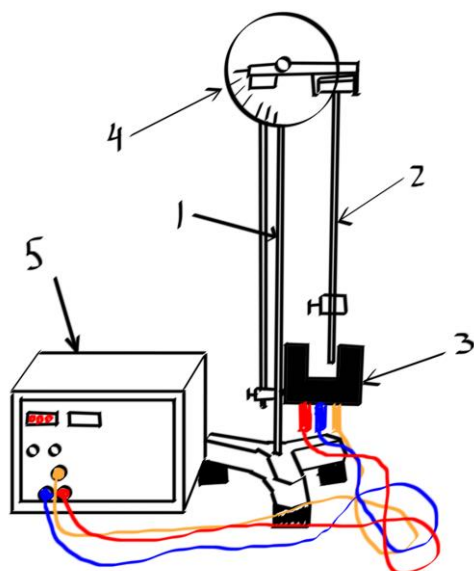
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_{пр}}{g_{эфф}}}$ – период колебаний при малой амплитуде.

6. Измерительные приборы.

| № п/п | Наименование | Тип прибора | Используемый диапазон | Погрешность прибора |
|-------|-----------------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Линейка металлическая | Аналоговый | 0–0,2 м | 0,0005 м |
| 2 | Цифровой счётчик | Цифровой | 0–10 с | 0,001 с |
| 3 | Угломерная шкала | Аналоговый | 0–90 ° | 0,5 ° |

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

Рисунок 1 – Схема установки



- 1) стойка с треножником;
- 2) маятник;
- 3) оптические ворота;
- 4) угломерная шкала для установки угла между плоскостью качания и вертикалью;
- 5) цифровой счётчик.

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

Таблица №1, результаты прямых измерений и их обработки –

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WLz8M7tpvitLlvwPF1bKp1NZvVwdA6ODXCcGYIzZYe0/edit?hl=ru#gid=0>

$$\cos \alpha = \cos(\pi/18) = 0,984807753$$

$$T^2 = 0,5476 \text{ с}^2$$

$$g_{\text{эфф}} = 9,670812135 \text{ м/с}^2$$

$$\frac{4\pi^2}{g_{\text{эфф}}} = 4 * \pi^2 / 9,670812135 = 4,082223608 \text{ с}^2/\text{м}$$

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

Таблицы №2 и №3, расчёт экспериментальных и теоретических значений –

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WLz8M7tpvitLlvwPF1bKp1NZvVwdA6ODXCcGYIzZYe0/edit?hl=ru#gid=0>

$$l_{\text{пр}} = 100 * D36 = 13,56926397 \text{ см}$$

$$l_{\text{пр}} = C68 / (D65 * D68) = 12,58882717 \text{ см}$$

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

Таблицы №2 и №3, расчёт погрешностей для экспериментальных и теоретических значений –

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1WLz8M7tpvitLlvwPF1bKp1NZvVwdA6ODXCcGYIzZYe0/edit?hl=ru#gid=0>

$$\Delta l_{\text{пр}} = M36 * 2 = 0,4638188068 \text{ см}$$

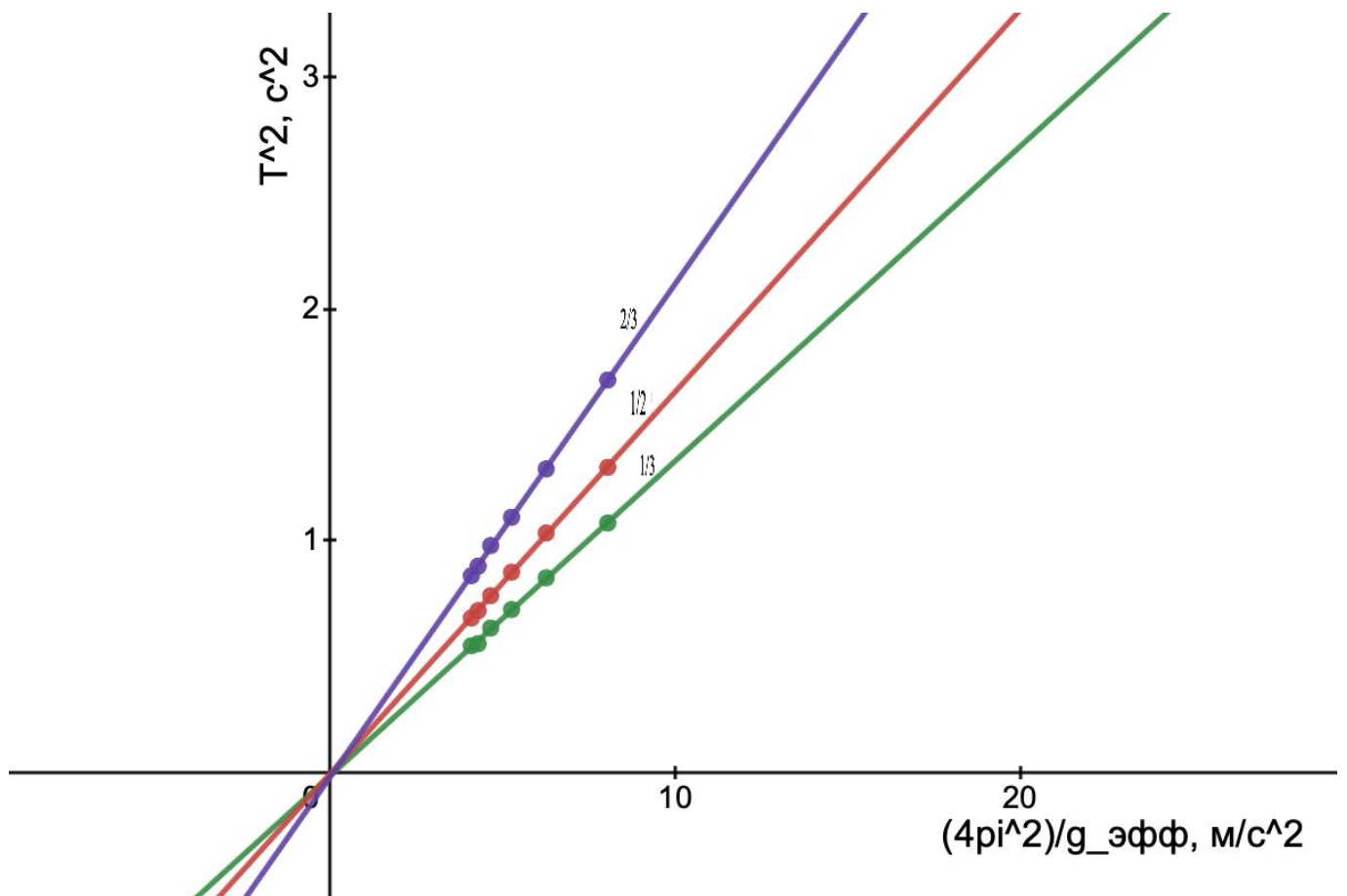
$$\varepsilon l_{\text{пр}} = N36 / L36 * 100 = 3,418157447\%$$

$$\Delta l_{\text{пр}} = \sqrt{\text{СУММКВ}(B87:D87)} = 0,1223929546 \text{ см}$$

$$\varepsilon l_{\text{пр}} = E87 / E68 * 100 = 0,9722347679\%$$

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

График 1, зависимость T^2 от $\frac{4\pi^2}{g_{\text{эфф}}}$ – <https://www.desmos.com/calculator/ydavjbu8yt?lang=ru>



12. Окончательные результаты.

Экспериментальные значения $l_{\text{пр}}$:

- I. $l_{\text{пр}} = (13,57 \pm 0,46) \text{ см}; \varepsilon l_{\text{пр}} = 3,4\%$
- II. $l_{\text{пр}} = (16,47 \pm 0,28) \text{ см}; \varepsilon l_{\text{пр}} = 1,7\%$
- III. $l_{\text{пр}} = (21,26 \pm 0,3) \text{ см}; \varepsilon l_{\text{пр}} = 1,4\%$

Теоретические значения $l_{\text{пр}}$:

- I. $l_{\text{пр}} = (12,59 \pm 0,12) \text{ см}; \varepsilon l_{\text{пр}} = 1\%$
- II. $l_{\text{пр}} = (16,31 \pm 0,13) \text{ см}; \varepsilon l_{\text{пр}} = 0,8\%$
- III. $l_{\text{пр}} = (20,7 \pm 0,13) \text{ см}; \varepsilon l_{\text{пр}} = 0,6\%$

13. Выводы и анализ результатов работы.

Экспериментальные и теоретические измерения приведённой длины маятника совпадают, учитывая вычисленную погрешность, что позволяет доказать теорию колебаний физического маятника, а конкретно, что при малых амплитудах период колебаний физического маятника $T = 2\pi \sqrt{\frac{l_{\text{пр}}}{g_{\text{эфф}}}}$.