

Группа Р3210, Р3208 К работе допущен _____

Студент Чжун Цзяцзюнь, Су Лянхуа Работа выполнена _____

Преподаватель Сорокина Елена Константиновна Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.07

Изучение движения маятника Максвелла.

1. Цель работы.

Определение момента инерции твердого тела на основе законов равноускоренного движения.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Вычисление момента инерции маятника и погрешности этого значения.

3. Объект исследования.

Маятник Максвелла и его движение.

4. Метод экспериментального исследования.

Замер таких величин как: высота подъема после первого спуска маятника, и время затраченное на это.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Для задания 1:

I – момент инерции маятника, h – высота маятника, h_1 – высота подъема маятника после первого спуска, t – время зафиксированное секундомером, d – диаметр оси маятника, D – диаметр маховика маятника, m – масса маятника.

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right)$$

$$I = mr^2 \left(\frac{gt^2}{h} \cdot \frac{h_1}{h + h_1} - 1 \right)$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

$$\frac{\Delta I}{I} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2}, \quad \frac{\Delta A}{A} = \sqrt{\left(2\frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h_1}{h_1}\right)^2}$$

$$I = \frac{mR^2}{2}$$

6. Измерительные приборы.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка	Механический	40 см	0,1 см
2	Электронный секундомер	Цифровой		0,001 с
3	Штангенциркуль	Механический	12 см	0,01 мм

7. Схема установки.

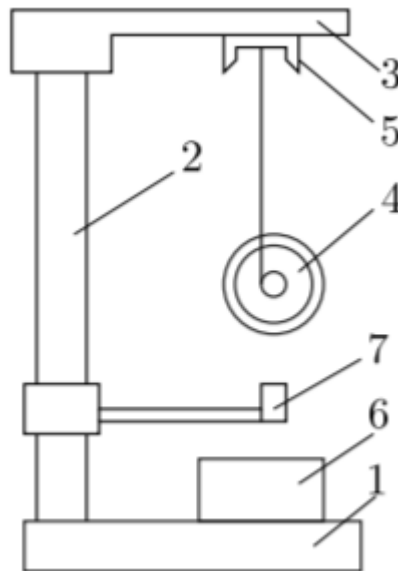


Рис. 1 Общий вид экспериментальной установки

1. Основание станда
2. Опорная колонка
3. Кронштейн
4. Маятник Максвелла
5. Фиксирующий электромагнит
6. Электронный секундомер
7. Фотоэлектрический датчик

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

Таблица №2 Результаты прямых измерений

№	h, см	h1, см	t, с
1	36 см	32.3 см	1.731с
2		31.5 см	1.746с
3		31.8 см	1.642с
4		32.1 см	1.632с
5		32.9 см	1.667с

9. Обработка результатов

$$m = m_{\text{диск}} + m_{\text{стержень}} = (208 \pm 1) + (75 \pm 1) = (283 \pm 2) \text{ г} = 0.283 \pm 0.002 \text{ кг}$$

$$\text{Радиус оси: } d = 0.5 \text{ см} \quad r = \frac{d}{2} = 0.25 \text{ см} = 0.0025 \text{ м}$$

$$\text{Радиус маховика: } D = 12 \text{ см} \quad R = \frac{D}{2} = 6 \text{ см} = 0.06 \text{ м}$$

$$\text{Среднее время: } \bar{t} = \frac{1.731 + 1.746 + 1.642 + 1.632 + 1.667}{5} = 1.684 \text{ с}$$

$$\text{Средняя высота подъема: } \bar{h}_1 = \frac{32.3 + 31.5 + 31.8 + 32.1 + 32.9}{5} = 32.12 \text{ см} = 0.321 \text{ м}$$

10. Окончательные результаты.

Значение момента инерции маятника, рассчитанное двумя способами

Способ 1: Без учета сил трения

$$I_1 = mr^2 \left(\frac{g\bar{t}^2}{2h} - 1 \right)$$

$$\frac{g\bar{t}^2}{2h} = \frac{9.81 * (1.684)^2}{2 * 0.36} = 38.64$$

$$mr^2 = 0.283 * (0.0025)^2 = 1.769 * 10^{-6} \text{ кг} * \text{ м}^2$$

$$I_1 = mr^2 \left(\frac{g\bar{t}^2}{2h} - 1 \right) = 1.769 * 10^{-6} * (38.64 - 1) = 6.66 * 10^{-5} \text{ кг} * \text{ м}^2$$

Способ 2: С учетом трения

$$I_2 = mr^2 \left(\frac{g\bar{t}^2}{h} * \frac{\bar{h}_1}{h + \bar{h}_1} - 1 \right)$$

$$\frac{g\bar{t}^2}{h} = \frac{27.82}{0.36} = 77.28$$

$$\frac{\bar{h}_1}{h + \bar{h}_1} = \frac{0.321}{0.36 + 0.321} = 0.471$$

$$I_2 = mr^2 \left(\frac{g\bar{t}^2}{h} * \frac{\bar{h}_1}{h + \bar{h}_1} - 1 \right) = 1.769 * 10^{-6} * (77.28 * 0.471 - 1) = 6.26 * 10^{-5} \text{ кг} * \text{ м}^2$$

Доверительный интервал для значения I с указанием относительной погрешности.

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(2\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2}$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta m}{m} &= \frac{1.4}{283} = 0.005 \\ \Delta r &= 0.001 \text{ cm} \\ \frac{\Delta r}{r} &= \frac{0.001}{0.5} = 0.002 \\ \frac{\Delta A}{A} &= 0.077 \\ \varepsilon = \frac{\Delta I}{I} &= \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(2 \frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2} = \sqrt{0.005^2 + 0.004^2 + 0.077^2} = 0.077 \\ \Delta I &= \varepsilon * I_2 = 0.077 * 6.26 * 10^{-5} = 0.48 * 10^{-5} \\ I &= (6.3 \pm 0.5) * 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \varepsilon = 8\%\end{aligned}$$

11. Выводы и анализ результатов работы.

Вывод: сравнить результаты экспериментального и расчетного значения. Что может влиять на возможное несовпадение этих значений?

$$I_2 = \frac{mR^2}{2} = \frac{0.283 \cdot (0.06)^2}{2} \approx 5.09 \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Сравнение: Экспериментальное значение $6.26 * 10^{-5}$ оказалось почти на порядок меньше теоретического $5.09 * 10^{-5}$

Причины расхождения:

*Наиболее вероятная причина столь значительной разницы — **неучтенная толщина намотки нити**. В формулу экспериментального расчета входит радиус оси r во второй степени ($I \sim r^2$) Реальный радиус намотки (ось + слой ниток) больше, чем измеренный штангенциркулем "голый" диаметр оси $d=0.5$ см. Увеличение эффективного радиуса всего на 1-2 мм привело бы к резкому росту экспериментального значения I*