

Группа Р3266

К работе допущен _____

Студент Хоанг Ван Куан

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..

- Провести измерения максимальной высоты, на которую поднимется маятник после спуска, и времени, которое потребуется для достижения данного положения
- Провести расчет момента инерции на основании прямых измерений.
- Провести теоретический расчёт момента инерции.
- Сравнить результаты обработки экспериментальных данных и теоретического расчета

3. Объект исследования.

- Маятник Максвелла.

4. Метод экспериментального исследования.

- Анализ
- Лабораторный эксперимент

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1) В нижней точке

$$W_v + W_w + \Delta U = 0$$

Где W_v – кинетическая энергия, связанная с движением центра масс маятника

W_w – кинетическая энергия вращения вокруг оси симметрии

ΔU – изменение потенциальной энергии маятника в поле силы тяжести

2) Соотношение

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Где m – масса маятника

h – начальная высота подъема

g – ускорение свободного падения

I – момент инерции маятника относительно оси его вращательного движения

v – скорость в нижней точке

ω – угловая скорость в нижней точке

3) Соотношение нерастяжимости нити линейная и угловая скорости

$$v = \omega r, \quad \text{где } r \text{ – радиус оси маятника}$$

4) Соотношение для I

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

5) Из закона сохранения энергии имеем

$$mgh - mgh_1 = M(\varphi + \varphi_1)$$

Где M – момент сил трения

φ и φ_1 – полные углы поворота маятника при спуске и подъеме.

6) Выражение для расчета момента инерции маятника

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

7) Начальная высота подъема $h = 46.5$ см

8) Штангенциркуль диаметры оси $d = 2r = 1.00 \pm 0.01$ см

9) Маховик маятника $D = 2R = 7.6$ см

10) Масса маятника $m = 127 \pm 0.5$ г

6. Измерительные приборы.

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование</i>	<i>Тип прибора</i>	<i>Используемый диапазон</i>	<i>Погрешность прибора</i>
1				
2				
3				

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

Схема экспериментальной установки представлена на Рис.2.

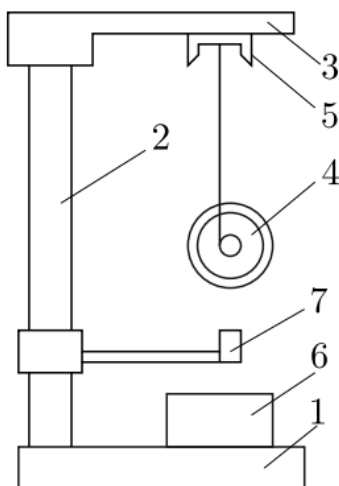


РИС. 2. Схема лабораторной установки

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).

№	h , см	h_1 , см	t , с
1	33,8	31.6	1.22
2		30.9	1.23
3		30.5	1.23
4		30.4	1.22
5		30.2	1.22

Таблица 1: Результаты прямых измерений

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

- Рассчитаем h_{1cp} и t_{cp}

$$h_{1cp} = \sum_{i=1}^5 \frac{h_{1i}}{5} = \frac{31.6 + 30.9 + 30.5 + 30.4 + 30.2}{5} = 30.7 \text{ см}$$

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^5 \frac{t_i}{5} = \frac{1.22 + 1.23 + 1.23 + 1.22 + 1.22}{5} = 1.22 \text{ с}$$

- Рассчитаем момент инерции I по формуле

$$I_1 = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right) \text{ где } m = 0.127 \text{ (кг)}, r = \frac{d}{2} = 0.005 \text{ (м)}, g = 9.8$$

$$\rightarrow I_1 = mr^2 \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right) = 0.127 \cdot (0.005)^2 \cdot \left(\frac{9.8 \cdot (1.35)^2}{2.0338} - 1 \right) = 6.58 \cdot 10^{-5} \text{ (кг. м}^2\text{)}$$

Рассчитаем более точное значение момента инерции I по формуле

$$I_2 = mr^2 \left(\frac{gt^2}{h} \cdot \frac{h_1}{h + h_1} - 1 \right) = 0.127 \cdot (0.005)^2 \cdot \left(\frac{9.8 \cdot (1.35)^2}{0.338} \cdot \frac{0.307}{0.338 + 0.307} - 1 \right) \\ = 6.25 \cdot 10^{-5} \text{ (кг. м}^2\text{)}$$

- Рассчитаем момент инерции I с помощью известного выражения для момента инерции однородного цилиндра

$$I_3 = \frac{mR^2}{2} = \frac{0.127 \cdot \left(\frac{0.076}{2} \right)^2}{2} = 9.17 \cdot 10^{-5} \text{ (кг. м}^2\text{)}$$

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

- Погрешность времени:

$$S_t = \sqrt{\frac{(t_1 - t_{cp})^2 + (t_2 - t_{cp})^2 + (t_3 - t_{cp})^2 + (t_4 - t_{cp})^2 + (t_5 - t_{cp})^2}{N(N-1)}} \\ = \sqrt{\frac{(1.22 - 1.22)^2 + (1.23 - 1.22)^2 + (1.23 - 1.22)^2 + (1.22 - 1.22)^2 + (1.22 - 1.22)^2}{5.4}} \\ \approx 0.003 \text{ (с)}$$

$$\rightarrow \Delta_{t_1} = t_{\alpha,5} \cdot S_t = 2.75 \cdot 0.003 \approx 0.008 \text{ (с) где } t_{\alpha,5} \text{ — коэффициент Стьюдента } (\alpha = 0.95)$$

$$\rightarrow \Delta t = \sqrt{(\Delta_{t_1})^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta t_{\text{из}} \right)^2} \approx 0.008 \text{ (с)}$$

- Погрешность высоты:

$$S_h = \sqrt{\frac{(h_1 - h_{cp})^2 + (h_2 - h_{cp})^2 + (h_3 - h_{cp})^2 + (h_4 - h_{cp})^2 + (h_5 - h_{cp})^2}{N(N-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{(31.6 - 30.7)^2 + (30.9 - 30.7)^2 + (30.5 - 30.7)^2 + (30.4 - 30.7)^2 + (30.2 - 30.7)^2}{5.4}}$$

$$\approx 0.25 \text{ (см)}$$

$$\rightarrow \Delta_{\bar{h}_1} = h_{\alpha,5} \cdot S_h = 2,75 \cdot 0,25 \approx 0.69 \text{ (см) где } h_{\alpha,5} \text{ — коэффициент Стьюдента } (\alpha = 0.95)$$

$$\rightarrow \Delta t = \sqrt{(\Delta_{\bar{h}_1})^2 + \left(\frac{2}{3} \Delta h_{ик}\right)^2} \approx 0.25 \text{ (см)}$$

- Рассчитаем погрешность определения I с помощью формул

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

$$\frac{\Delta A}{A} = \sqrt{\left(2 \frac{\Delta t}{t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h_1}{h_1}\right)^2} = \sqrt{\left(2 \frac{0.008}{1.22}\right)^2 + \left(\frac{0.0005}{0.338}\right)^2 + \left(\frac{0.0025}{0.307}\right)^2} = 0.015$$

$$\rightarrow \frac{\Delta I}{I} = \sqrt{\left(\frac{0.0005}{0.127}\right)^2 + \left(2 \frac{0.0001}{0.005}\right)^2 + (0.015)^2} = 0.043$$

- Относительная погрешность момента инерции I:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I} \cdot 100\% = 4,3\%$$

$$\rightarrow \Delta I_1 = 0,043 \cdot I_1 = 0,043 \cdot 6,58 \cdot 10^{-5} = 2,83 \cdot 10^{-6}$$

$$\rightarrow \Delta I_2 = 0,043 \cdot I_1 = 0,043 \cdot 6,25 \cdot 10^{-5} = 2,69 \cdot 10^{-6}$$

11. Окончательные результаты

- Момент инерции I, рассчитанный с помощью формулы (6)

$$I_1 = 6,58 \cdot 10^{-5} \pm 2.83 \cdot 10^{-6} \text{ (кг. м}^2\text{)}$$

- Момент инерции I, рассчитанный с помощью формулы (11)

$$I_2 = 6,25 \cdot 10^{-5} \pm 2.69 \cdot 10^{-6} \text{ (кг. м}^2\text{)}, \varepsilon = 4,3\%$$

- Расчетное значение момента инерции I

$$I_3 = 9,17 \cdot 10^{-5} \text{ (кг. м}^2\text{)}$$

12. Выводы и анализ результатов работы

- Расчетное значение момента инерции больше чем экспериментальное значение момента инерции, это происходит, потому что в системе существует трение, еще кроме маховика в маятник входит еще палочка. Полная инерция маятника не может сохранить полностью