

Группа P3111

К работе допущен _____

Студент Ляо Ихун

Работа выполнена 08.12.2020

Преподаватель Сорокина Елена Константиновна Отчет принят _____

__ Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №4

1. Цель работы.

- 1) Изучение динамики плоского движения твердого тела на примере маятника Максвелла
- 2) Проверка выполнения закона сохранения энергии маятника с учетом потерь на отражение и трение
- 3) Определение центрального осевого момента инерции маятника Максвелл

2. Объект исследования.

Скорость колеса в разных положениях.

3. Метод экспериментального исследования.

Фиксировать начальное положение колеса, изменять точки и методы измерения.

4. Измерительные приборы.

| <i>№ п/п</i> | <i>Наименование</i> | <i>Тип прибора</i> | <i>Используемый диапазон</i> | <i>Погрешность прибора</i> |
|------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Цифровой счетчик | - | - | - |

5. Схема установки

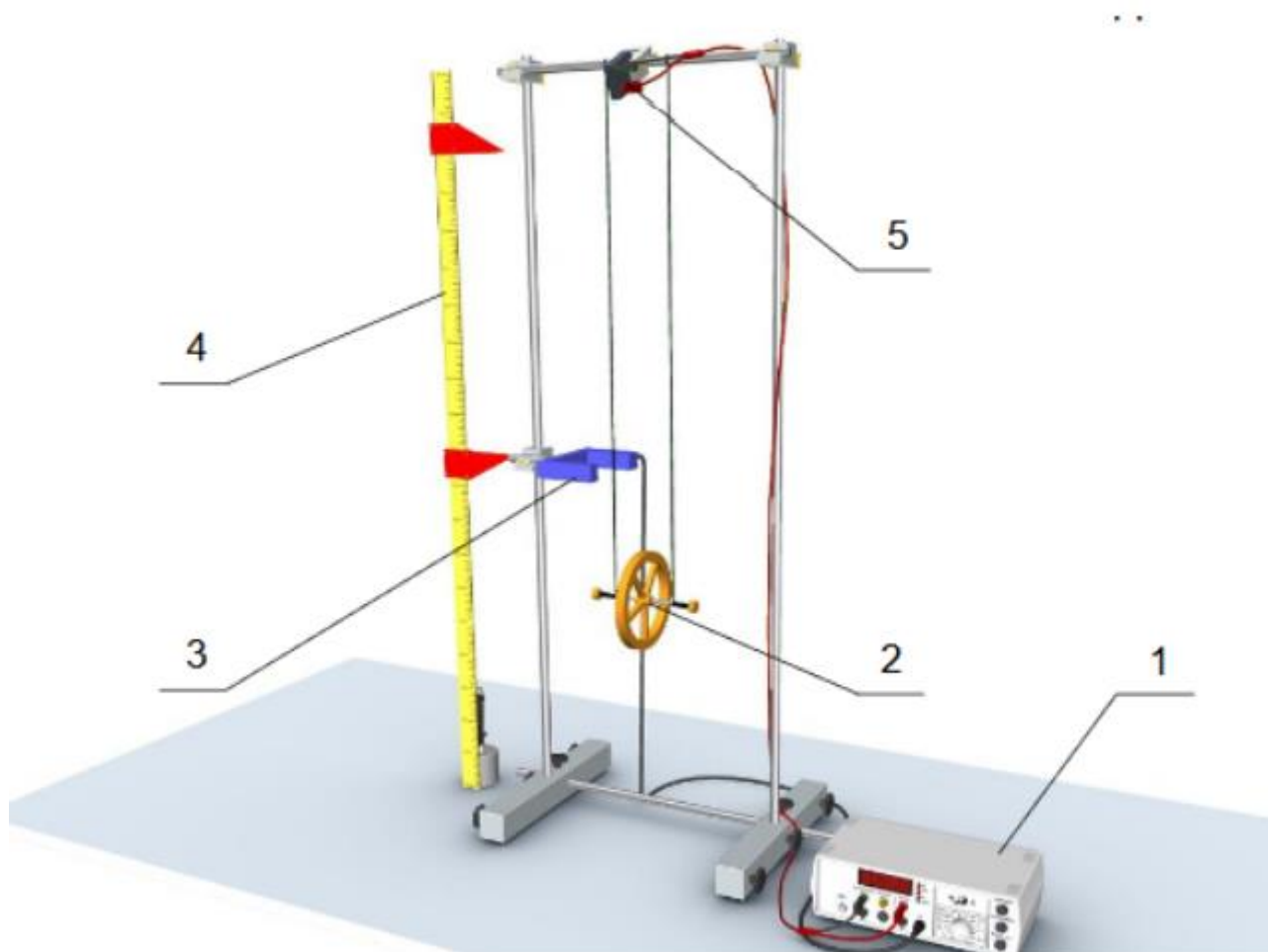


Рис. 2. Схема лабораторного стенда

6. Результаты прямых измерений и их обработки

Таблица 1: Результаты прямых измерений (I) и их обработка

| h_0 $= 10\text{cm}$ | h_i | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 20 см | 30 см | 40 см | 50 см | 60 см | 70 см | 80 см |
| $t_1, \text{мс}$ | 2613,2 | 3717,6 | 4557,6 | 5270,2 | 5898,0 | 6453,2 | 6978,5 |
| $t_2, \text{мс}$ | 2615,8 | 3713,0 | 4562,5 | 5271,5 | 5891,1 | 6454,9 | 6975,4 |
| $t_3, \text{мс}$ | 2613,3 | 3717,2 | 4556,0 | 5265,3 | 5894,8 | 6463,2 | 6971,0 |
| $t_4, \text{мс}$ | 2614,7 | 3716,4 | 4559,5 | 5269,3 | 5888,0 | 6461,9 | 6980,9 |
| $t_5, \text{мс}$ | 2612,9 | 3715,8 | 4558,6 | 5272,8 | 5891,1 | 6453,3 | 6976,9 |
| $\Delta h_i, \text{м}$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| $\langle t \rangle, \text{мс}$ | 2614,0 | 3716 | 4558,8 | 5269,8 | 5892,6 | 6457,3 | 6976,5 |
| $\frac{1}{2}g \langle t \rangle^2, \text{м}$ | 33,5 | 67,8 | 102,0 | 136,4 | 170,5 | 204,7 | 239,0 |

Таблица 2: Результаты прямых измерений (II) и их обработка

| h_0 $= 10\text{cm}$ | h_i | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 см | 30 см | 40 см | 50 см | 60 см | 70 см | 80 см |
| $t_1, \text{мс}$ | 52,6 | 37,4 | 30,4 | 26,3 | 23,5 | 21,4 | 20,0 |
| $t_2, \text{мс}$ | 81,2 | 44,3 | 33,7 | 28,3 | 25,0 | 22,6 | 20,9 |
| $t_3, \text{мс}$ | 81,5 | 44,4 | 33,9 | 28,7 | 25,0 | 22,7 | 20,9 |
| $v_1, \text{м/с}$ | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,20 | 0,23 | 0,25 |
| $v_2, \text{м/с}$ | 0,06 | 0,11 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,24 |
| $v_3, \text{м/с}$ | 0,06 | 0,11 | 0,15 | 0,17 | 0,20 | 0,22 | 0,24 |

7. Расчет результатов косвенных измерения:

Для (4) расчета коэффициента:

$$a = \frac{\sum \Delta h_i (\frac{1}{2} g t_i^2)}{\sum \Delta h_i^2} = 341,0$$

Для (10):

$$I_{\text{теор}} = 0,47 * 0,045^2 = 2,0 * 10^{-3} \text{ кг*м}^2$$

Для (12):

| | H_i | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,9 м | 0,8 м | 0,7 м | 0,6 м | 0,5 м | 0,4 м | 0,3 м |
| $E_{\text{кин},1}, J$ | 0,7 | 1,4 | 2,2 | 2,9 | 3,6 | 4,4 | 5,0 |
| $E_{\text{кин},2}, J$ | 0,3 | 1,0 | 1,8 | 2,5 | 3,2 | 3,9 | 4,6 |
| $E_{\text{кин},3}, J$ | 0,3 | 1,0 | 1,7 | 2,4 | 3,2 | 3,9 | 4,6 |
| $E_{\text{пот}}, J$ | 4,2 | 3,7 | 3,2 | 2,8 | 2,3 | 1,8 | 1,4 |

| | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $E_{\text{пол1}}, J$ | 4,9 | 5,1 | 5,4 | 5,7 | 6,0 | 6,2 | 6,4 |
| $E_{\text{пол2}}, J$ | 4,6 | 4,7 | 5,0 | 5,3 | 5,5 | 5,8 | 6,0 |
| $E_{\text{пол3}}, J$ | 4,6 | 4,7 | 5,0 | 5,2 | 5,5 | 5,7 | 6,0 |

Для (13):

Когда $t=t_1$

Для $E_{\text{полн}}$, положим $E_{\text{полн}} = bH + a$:

Среднее значение $\bar{E}_{\text{полн}} = 5,7 \text{ J}$

Среднее значение $\bar{H} = 0,6 \text{ м}$

Коэффициент $b = \frac{\sum(E_{\text{полн},i} - \bar{E}_{\text{полн}})(H_i - \bar{H})}{\sum(H_i - \bar{H})^2} = 1,8$

Коэффициент $a = \bar{E}_{\text{полн}} - b\bar{H} = 4,6$

$E_{\text{полн}} = -1,8H + 6,7$

Для $E_{\text{кин}}$ также: $E_{\text{кин}} = -7,2H + 7,7$

Когда $t=t_3, t_2$ также.

Для t_2 :

$E_{\text{полн}} = -1,8H + 6,3$

$E_{\text{кин}} = -7,2H + 7,2$

Для t_3 :

$E_{\text{полн}} = -1,7H + 6,2$

$E_{\text{кин}} = -7,2H + 7,2$

8. Расчет погрешностей измерений

Для (4) расчета погрешность коэффициента:

$$d_i = \frac{1}{2}gt_i^2 - a\Delta h_i$$

$$\sum d_i^2 = 0,6$$

$$S_a^2 = \left(\frac{1}{\sum(\Delta h_i)^2} \frac{\sum d_i^2}{n-1}\right) = 0,07$$

абсолютная погрешность: $\sigma_a = 2S_a = 0,55$

относительная погрешность: $\partial_a = \frac{\sigma_a}{\partial_a} * 100\% = 0,2\%$

Для (9):

$$I_c = 1,0 * 10^{-3} \text{ кг*м}^2$$

$$\ln I_c = \ln(a-1) + \ln m + 2\ln r$$

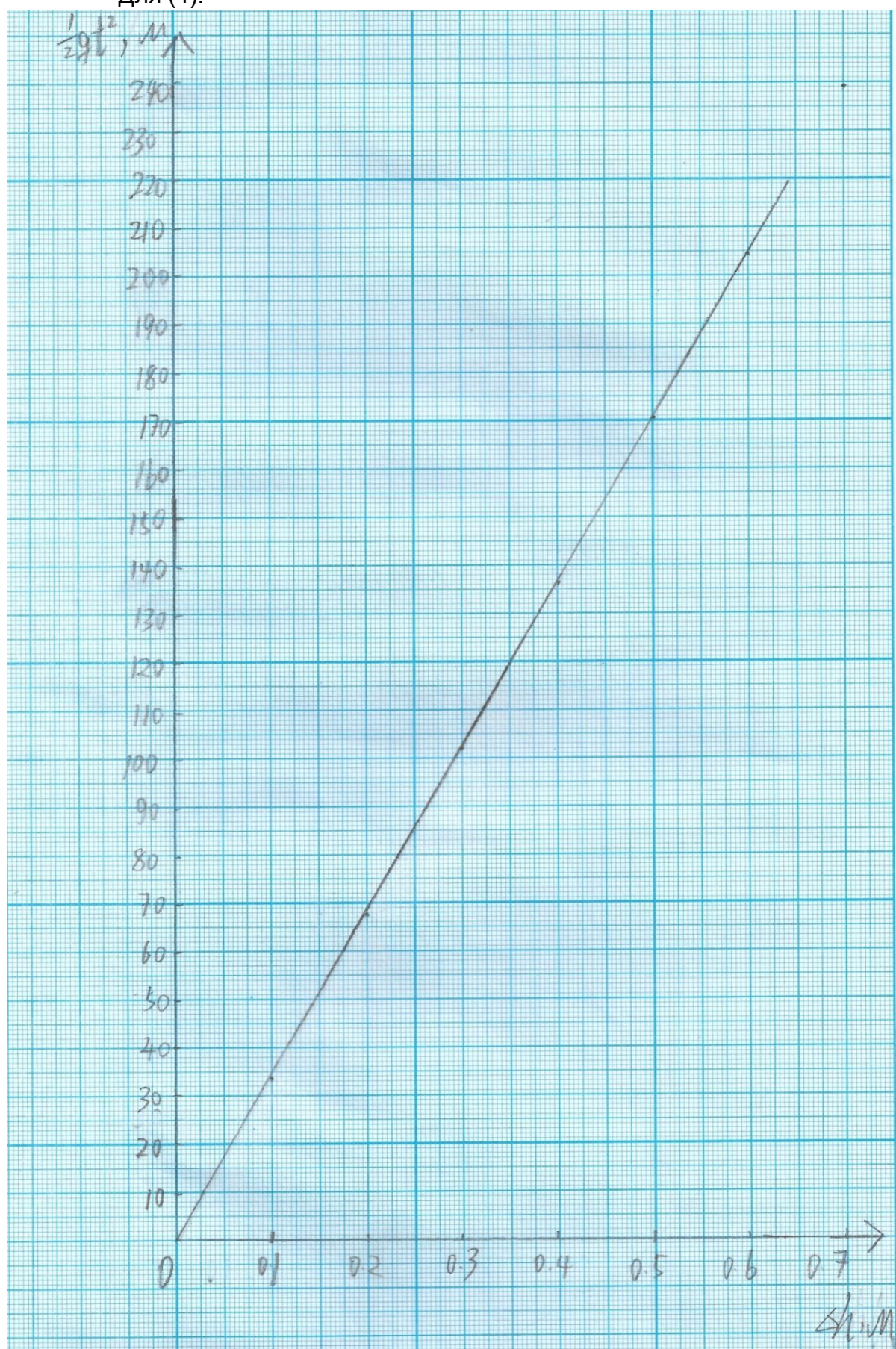
относительная погрешность:

$$\partial_{I_c} = \sqrt{\left(\frac{1}{a-1}\Delta a\right)^2 + \left(\frac{1}{m}\Delta m\right)^2 + \left(2\frac{1}{r}\Delta r\right)^2} * 100\% = 8,3\%$$

абсолютная погрешность: $\sigma_{I_c} = 7,6 * 10^{-5} \text{ кг*м}^2$

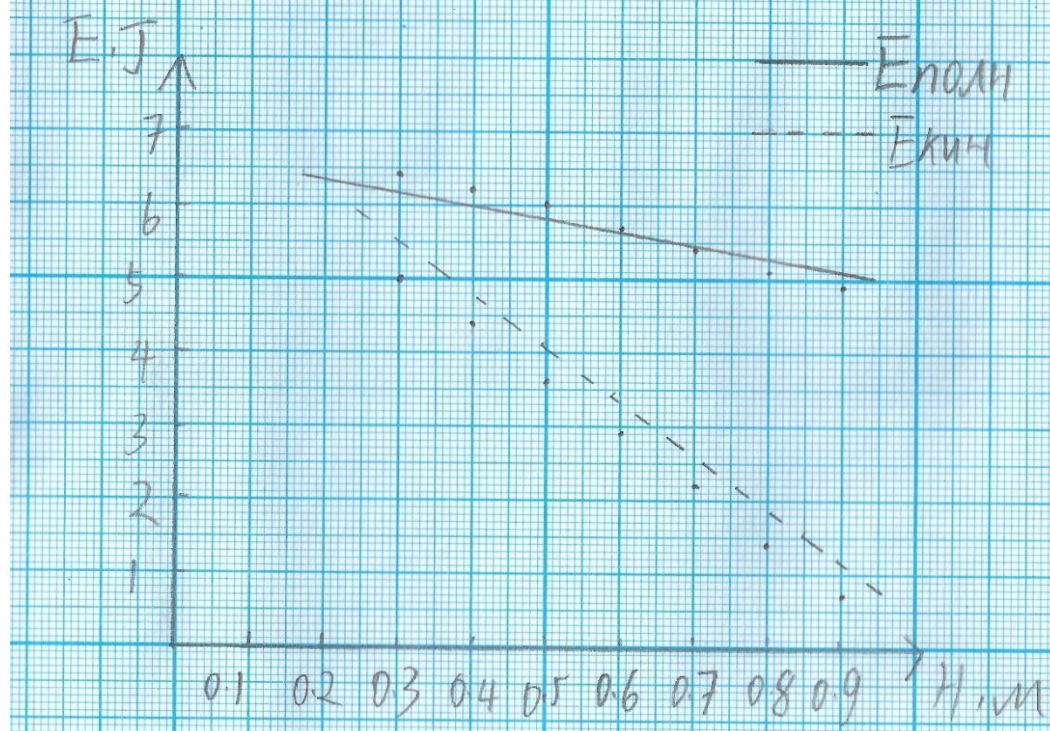
9. Графики .

Для (4):



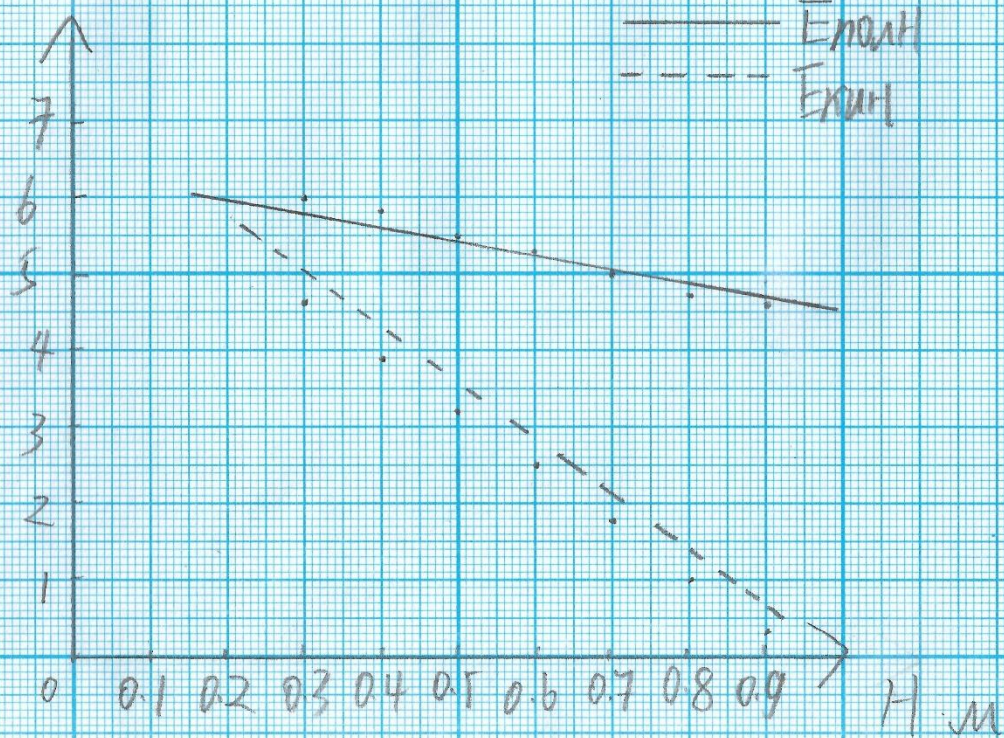
Для (13):

$$t = t_1$$

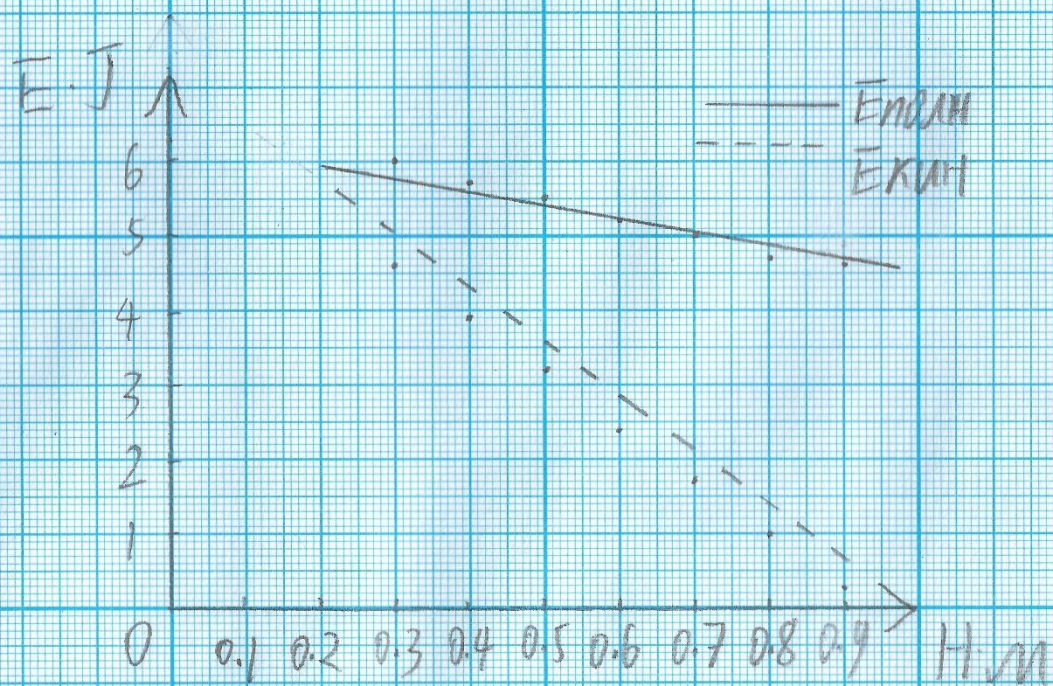


$$t = t_2$$

E.J



$$t = t_3$$



10. Окончательные результаты.

Теоретический: $I_{теор} = 2,0 \cdot 10^{-3} = \text{мг} \cdot \text{м}^2$

Практический: $I_c = 1,0 \cdot 10^{-3}$

11. Вывод и анализ результатов:

Для (10):

Очевидно, что $I_{\text{теор}}$ намного больше чем I_c . Значит что практически мы не можем просто считать что вся масса находится маятника сосредоточена внешней поверхности его маховика.

Для (13):

Движение колебаний только теряет энергию одинораз, когда он в ударе на самой низкой точке. Кроме того, оно почти совпадает с сохранением энергии.

12. Я много раз рисовал и рассчитал графики разных $E_{\text{кин}}$. Мне кажется чуть-чуть не совпадают, это потому что делаю округление.