

Группа Р3110  
Студент Бавыкин Роман Алексеевич  
Преподаватель Коробков Максим Петрович

Дата и время измерений 07.12.2020 22:00  
Работа выполнена \_\_\_\_\_  
Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.07V Маятник Максвелла

### 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 Максвелла

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

- 1) Измерение, с помощью виртуальной установки, интервалов времени необходимые для прохождения различных промежутков расстояния
- 2) Нахождение величины  $\frac{1}{2}g(t)^2$ , построение графика зависимости  $\frac{1}{2}g(t)^2$  от  $\Delta h$  и нахождение коэффициента данной зависимости ( $\alpha$ )
- 3) Нахождение центрального момента инерции и сравнение полученного значения с теоретическим
- 4) Найти кинетическую и полную энергию в моменты трех прохождений одной из заранее установленных точек и построить графики зависимости кинетической и полной энергии от высоты положения маятника относительно стола для трех моментов времени

### 3. Объект исследования.

Маятник Максвелла

### 4. Метод экспериментального исследования.

Многократные прямые измерения, построение графиков зависимостей и сравнение полученных величин с теоретическими значениями.

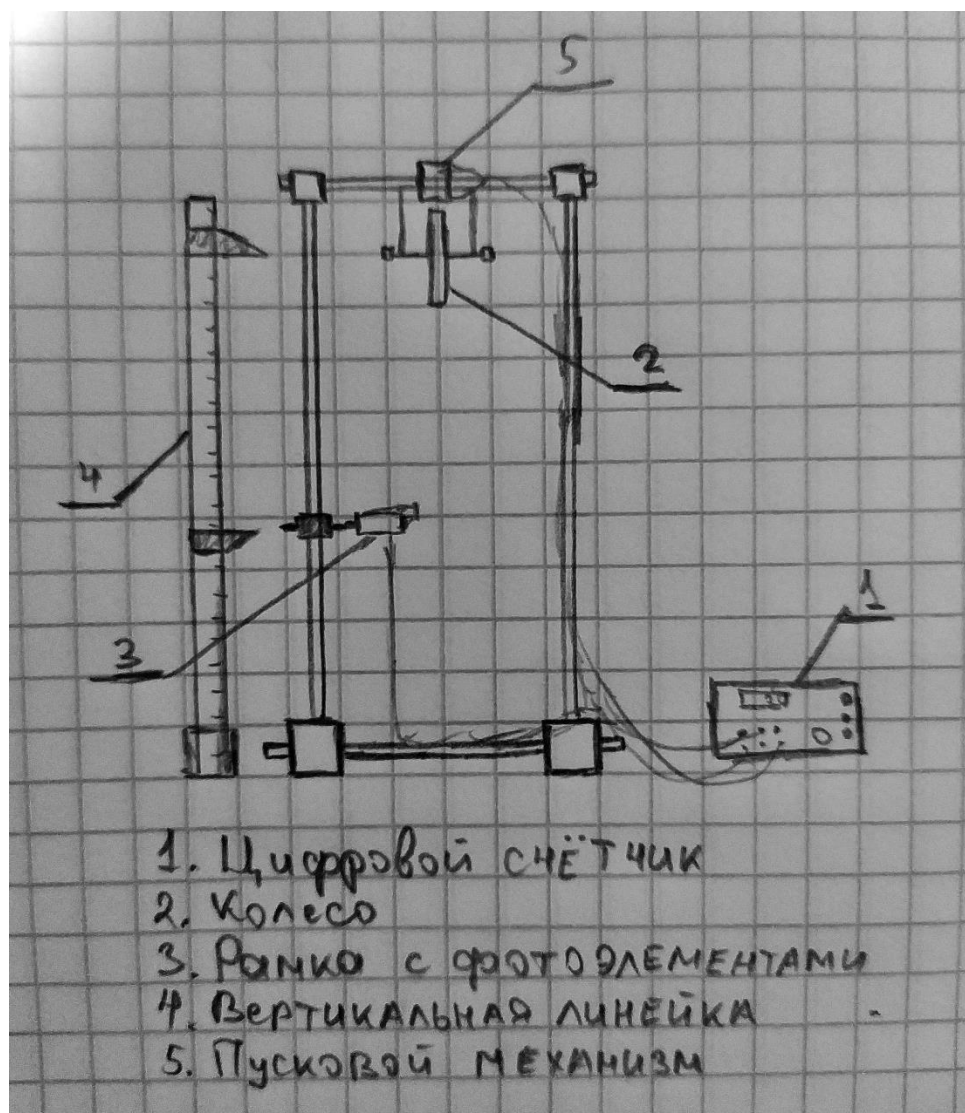
### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$I_c = mr^2 \left( \frac{g}{a} - 1 \right); h = \frac{at^2}{2}; \vartheta = \frac{2h}{t}; E_{\text{кин}} = \frac{1}{2}m \left( \frac{I_c}{mr^2} \right) \cdot \vartheta^2; E_{\text{пот}} = mgh; E_{\text{кин}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}}$$

### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Цифровой счетчик	Измерительный прибор	0 – 10000мс	0,1мс
2	Линейка	Мера	0-100см	0,5 мм

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



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

Таблица 1

$h_0 = \dots \text{см}$	$h_i$						
10	20	30	40	50	60	70	80
$t_1$	2612.2	3717.5	4558.6	5273.3	5897.7	6454.2	6979.1
$t_2$	2616.1	3712.5	4563.3	5266.6	5896.5	6452.3	6981.5
$t_3$	2611.9	3713.1	4557.3	5268.7	5888.9	6459.3	6979.1
$t_4$	2611.9	3716.1	4562.8	5263.8	5893	6459.3	6981
$t_5$	2615.7	3716.1	4561.9	5272.6	5894.5	6453.2	6971.9
$\Delta h_i$	10	20	30	40	50	60	70
$t_{cp}$	2613.56	3715.06	4560.78	5269	5894.12	6455.66	6978.52
$\frac{1}{2}g(t)^2$	33.53871674	67.7662	102.1315	136.3132	170.5766	204.6269	239.1157

$$t_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i; \Delta h_i = h_i - h_0$$

Таблица 2

$h_0 = \dots \text{см}$	$h_i$						
10	20	30	40	50	60	70	80
$t_1$	53	37.4	30.6	26.3	23.7	21.5	19.9
$t_2$	80.7	43.9	33.7	28.5	24.9	22.4	20.8
$t_3$	81.7	44.1	33.9	28.6	25.1	22.8	20.7
$\vartheta_1$	0.094339623	0.13369	0.163399	0.190114	0.21097	0.232558	0.251256
$\vartheta_2$	0.061957869	0.113895	0.148368	0.175439	0.200803	0.223214	0.240385
$\vartheta_3$	0.06119951	0.113379	0.147493	0.174825	0.199203	0.219298	0.241546

$$\vartheta_i = \frac{2r}{t_i}$$

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

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i X_i}{\sum_{i=1}^N X_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^7 \frac{1}{2} g(t)_i^2 \Delta h_i}{\sum_{i=1}^7 \Delta h_i^2} = 341,0$$

$$I_c = (\alpha - 1)mr^2 = 0,001$$

$$I_{\text{теор}} = mR^2 = 0,0000029$$

Таблица 3

$H_i$	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3
$E_{\text{кин},1}$	0.713373897	1.432603	2.140061	2.89706	3.567568	4.335029	5.060143
$E_{\text{кин},1}$	0.307696024	1.039776	1.764449	2.467057	3.231992	3.993677	4.63172
$E_{\text{кин},1}$	0.300209783	1.030367	1.743691	2.449835	3.180691	3.854777	4.676579
$E_{\text{пот}}$	4.15386	3.69232	3.23078	2.76924	2.3077	1.84616	1.38462
$E_{\text{полн},1}$	4.867233897	5.124923	5.370841	5.6663	5.875268	6.181189	6.444763
$E_{\text{полн},2}$	4.461556024	4.732096	4.995229	5.236297	5.539692	5.839837	6.01634
$E_{\text{полн},3}$	4.454069783	4.722687	4.974471	5.219075	5.488391	5.700937	6.061199

$$\begin{cases} E_{\text{кин}} = \frac{1}{2} m \left( \frac{I_c}{mr^2} \right) \cdot \vartheta^2 \\ E_{\text{пот}} = mgH \\ E_{\text{кин}} = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} \end{cases}$$

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

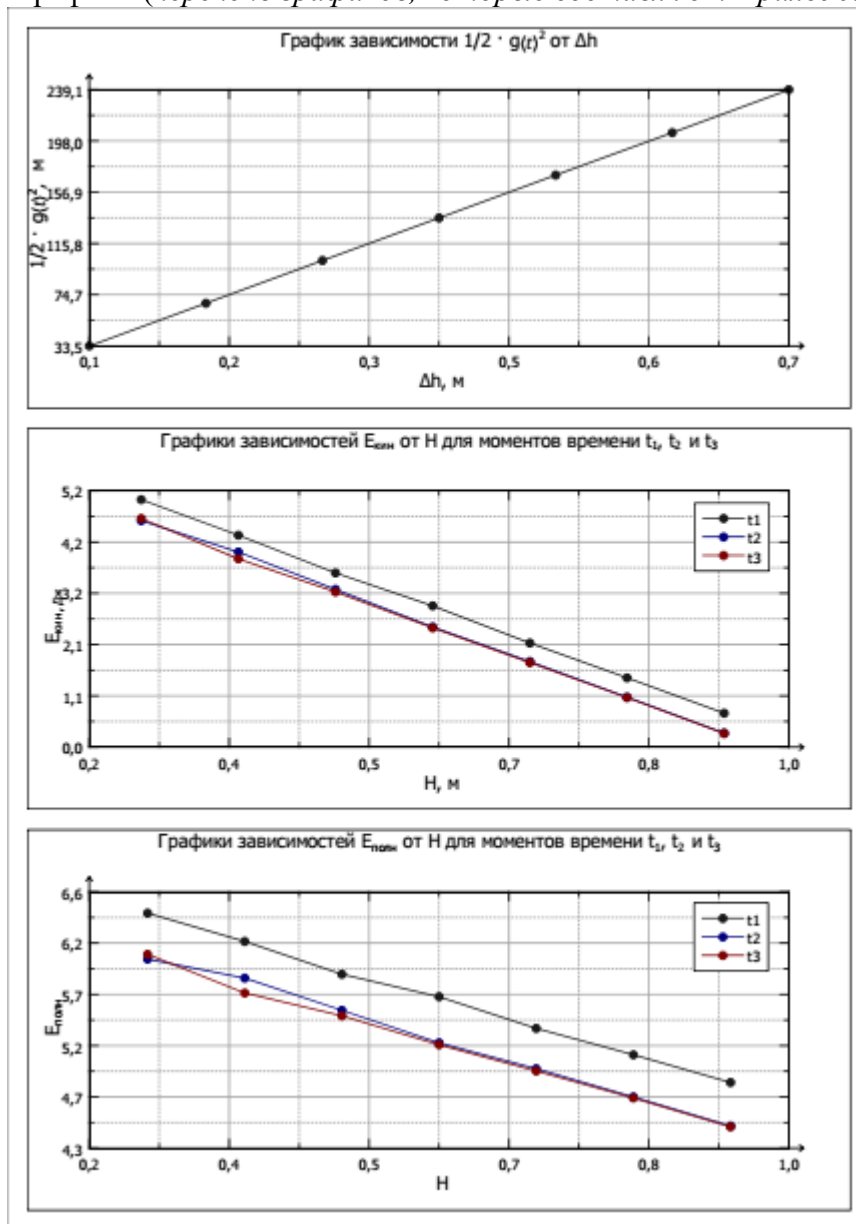
$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \alpha X_i)^2}{(N-1) \sum_{i=1}^N X_i^2}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 \left( \frac{1}{2} g(t)_i^2 - \alpha \Delta h_i \right)^2}{(7-1) \sum_{i=1}^7 \Delta h_i^2}} = 0,29;$$

$$\Delta_{\alpha} = 2\sigma_{\alpha} = 0,5; \delta_{\alpha} = \frac{\Delta_{\alpha}}{\alpha} \cdot 100\% = 0,17\%$$

$$\frac{\Delta_{I_c}}{I_c} = \sqrt{\left( \frac{\Delta_{\alpha}}{\alpha} \right)^2 + \left( \frac{\Delta_m}{m} \right)^2 + \left( 2 \cdot \frac{\Delta_r}{r} \right)^2} = 0,083$$

$$\Delta_{I_c} = \frac{\Delta_{I_c}}{I_c} \cdot I_c = 0,00008; \delta_{I_c} = \frac{\Delta_{I_c}}{I_c} \cdot 100\% = 8,3\%$$

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



12. Окончательные результаты.

1)  $I_c = 0,00100 \pm 0,00008 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $\delta_{I_c} = 8,3\%$ ;

2)  $\frac{I_c}{I_{\text{теор}}} = 340$ ; 3) Графики зависимостей  $E_{\text{кин}}(H)$  и  $E_{\text{полн}}(H)$  для  $t_1, t_2$  и  $t_3$ .

### 13. Выводы и анализ результатов работы.

- 1) В результате эксперимента получили значение момента инерции маятника, которое отличается от рассчитанного значения в 340 раз, т.к. в рассчитанном значении предполагается, что вся масса маховика сосредоточена на его внешней поверхности и поэтому не учитывается коэффициент  $\alpha = 340$ ;
- 2) Независимо от значения  $N$  графики, как кинетической, так и полной энергии при  $t_2$  и  $t_3$  отличаются незначительно, в пределах погрешности. График при  $t_1$  выше графиков  $t_2$  и  $t_3$  на определенное постоянное значение, независимо от  $N$ .