

Группа P3110

К работе допущен \_\_\_\_\_

Студент Шербаков А.В.

Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Каробников М.П.

Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.02.

### Изучение скольжения телешли по наклонной плоскости

#### 1. Цель работы.

экспериментально проверить равноускоренность движения телешли по наклонной плоскости. Определить величину ускорения свободного падения.

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

1. проведение многократных измерений движения телешли с фиксированной высотой наклона и с различными углами.
2. определение зависимости ускорения телешли от угла наклона рельса.
3. Построение графиков зависимости параметров движения.
4. Нахождение ускорения свободного падения.

#### 3. Объект исследования.

Скольжение телешли по наклонному рельсу.

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Наблюдение характера графика, построенного по измерениям

#### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$$Y = x_2 - x_1 \quad a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i y_i}{\sum_{i=1}^N z_i^2} \quad \sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - a z_i)^2}{(N-1) \sum_{i=1}^N z_i^2}} \quad \sin \alpha = \frac{(h_0 h) - (h'_0 h')}{x' - x}$$

$$Z = \frac{t_2^2 - t_1^2}{2} \quad \langle a \rangle = \frac{2(x_2 - x_1)}{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2} \quad B \equiv g = \frac{\sum_{i=1}^N a_i \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2}$$

#### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	ПКЦ-3 В ретинг сенсизация		0-100 с	0,1 с
2	Линейка по рельсу		0-1,3 м	5 мм
3	Линейка на угольнике		0-250 мм	0,5 мм
4				

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

Сматреть Приложение 1.

схема 1.

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

см. Таблица 2, Таблица 3, Таблица 4.

$$Y = x_2 - x_1; Z = \frac{t_2^2 - t_1^2}{2}$$

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

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2} = \frac{18,14}{169,15} = 0,107 \quad \left( \sin \alpha = \frac{(h_0 - h) - (h'_0 - h'_1)}{x' - x} \right);$$

$$\langle \alpha \rangle = \frac{2(x_2 - x_1)}{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2} = \quad \beta = g = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \alpha_i \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2} = 9,2$$

$$A = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \alpha_i - \beta \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right) = -0,0002$$

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

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - a z_i)^2}{(N-1) \sum_{i=1}^N z_i^2}} = 0,049 \quad \Delta a = 2 \cdot \sigma = 0,01 \quad \varepsilon_a = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\% = 10,7\%$$

$$\Delta a = \langle a \rangle \cdot \sqrt{\frac{(\Delta x_{u2})^2 + (\Delta x_{u1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + \gamma \cdot \frac{(t_1 \Delta t_1)^2 + (t_2 \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N(N-2)}; d_i = a_i - (A + B \sin \alpha_i); D = \sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2 = 2,0125$$

$$\sigma_g = 0,44 \quad \Delta g = 0,9; \quad \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\% = 9,4\%$$

$$\Delta g_T = |g_{\text{теор}} - g_{\text{расч}}| = |9,4 - 9,8195| = 0,4195 \quad \varepsilon_{g_T} = \frac{\Delta g_T}{g_T} \cdot 100\% = 4,3\%$$

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

График зависимости  $y(z) = az$

График аппроксимированной линейной зависимости  $a = A + B \sin \alpha$

12. Окончательные результаты.

$$\alpha = 0,09 \pm 0,01 \text{ м/с}^2; \quad \varepsilon = 12,6\%; \quad \alpha = 90\%$$

$$g = 9,2 \pm 0,9 \text{ м/с}^2; \quad \varepsilon = 9,4\%; \quad \alpha = 90\%$$

$$\Delta g = 0,4195; \quad \varepsilon = 4,3\%$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

1. Движение тележки равноускоренное

2. Полученное экспериментально ускорение свободного падения меньше, чем теоретическое

Приложение *Таблица 2*

$x, \text{ м}$	$x', \text{ м}$	$\lambda_0, \text{ нм}$	$\lambda, \text{ нм}$
<del>22,3022</del> 22,3	<del>22,3</del> $7 \pm 0,005$	<del>2</del>	<del>2</del>

Таблица 3: Результаты прямых измерений (Задание 1)

№	Измеренные величины				Рассчитанные величины	
	$x_1, \text{ м}$	$x_2, \text{ м}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$x_2 - x_1, \text{ м}$	$\frac{t_2^2 - t_1^2}{2}, \text{ с}^2$
1	0,15	0,4	1,3	2,7	0,25 $\varepsilon=7,8\%$	2,8 $\varepsilon=12,7\%$
2	0,15	0,5	1,3	3,0	0,35 $\varepsilon=2\%$	3,655 $\varepsilon=9,4\%$
3	0,15	0,7	1,3	3,5	0,55 $\varepsilon=1,3\%$	5,28 $\varepsilon=9,0\%$
4	0,15	0,9	1,2	3,9	0,75 $\varepsilon=0\%$	6,885 $\varepsilon=5,8\%$
5	0,15	1,1	1,2	4,3	0,95 $\varepsilon=0,7\%$	8,525 $\varepsilon=4,4\%$

*Ю.И.И.И.*  
*И.И.И.*

Таблица 4: Результаты прямых измерений (Задание 2)

$N_{\text{пл}}$	$h$ , мм	$h'$ , мм	№	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	203	215	1	1,3	2,4
			2	1,3	4,6
			3	1,3	<del>3,5</del> 4,3
			4	1,2	<del>2,9</del> 4,3
			5	1,2	4,3
2	199	215	1	0,9	3,0
			2	0,9	3,1
			3	0,9	3,1
			4	0,9	3,1
			5	0,9	3,0
3	190	215	1	0,7	2,5
			2	0,7	2,5
			3	0,7	2,5
			4	0,7	2,5
			5	0,7	2,5
4	179	214	1	0,6	2,2
			2	0,6	2,2
			3	0,7	2,2
			4	0,7	2,2
			5	0,6	2,2
5	171	213	1	0,5	1,9
			2	0,6	1,9
			3	0,5	1,9
			4	0,6	1,9
			5	0,6	1,9

$N_{\text{пл}}$  - количество пластин  
 $h$  - высота на координате  $x = 0,22$  м  
 $h'$  - высота на координате  $x' = 1,00$  м

1011220  


Таблица 5: Результаты расчетов (Задание 2)

$N_{\text{пл}}$	$\sin \alpha$	$\langle t_1 \rangle \pm \Delta t_1, \text{ c}$	$\langle t_2 \rangle \pm \Delta t_2, \text{ c}$	$\langle a \rangle \pm \Delta a, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
1	0,01	<del>1,40</del> $1,40 \pm 0,04$	<del>4,90</del> $4,90 \pm 0,04$	0,085
2	0,022	<del>0,95</del> $0,95 \pm 0,04$	<del>3,20</del> $3,20 \pm 0,04$	0,20
3	0,033	$0,78 \pm 0,04$	$2,71 \pm 0,04$	0,3
4	0,044	$0,60 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,04$	0,41
5	0,055	$0,6 \pm 0,04$	$2,09 \pm 0,04$	0,53
$N_{\text{пл}}$ - количество пластин $\langle t_{1,2} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{1,2i}$				

## Приложение 2. Графики.

График 1: зависимость  $Y(Z) = aZ$  с точками экспериментальной зависимости

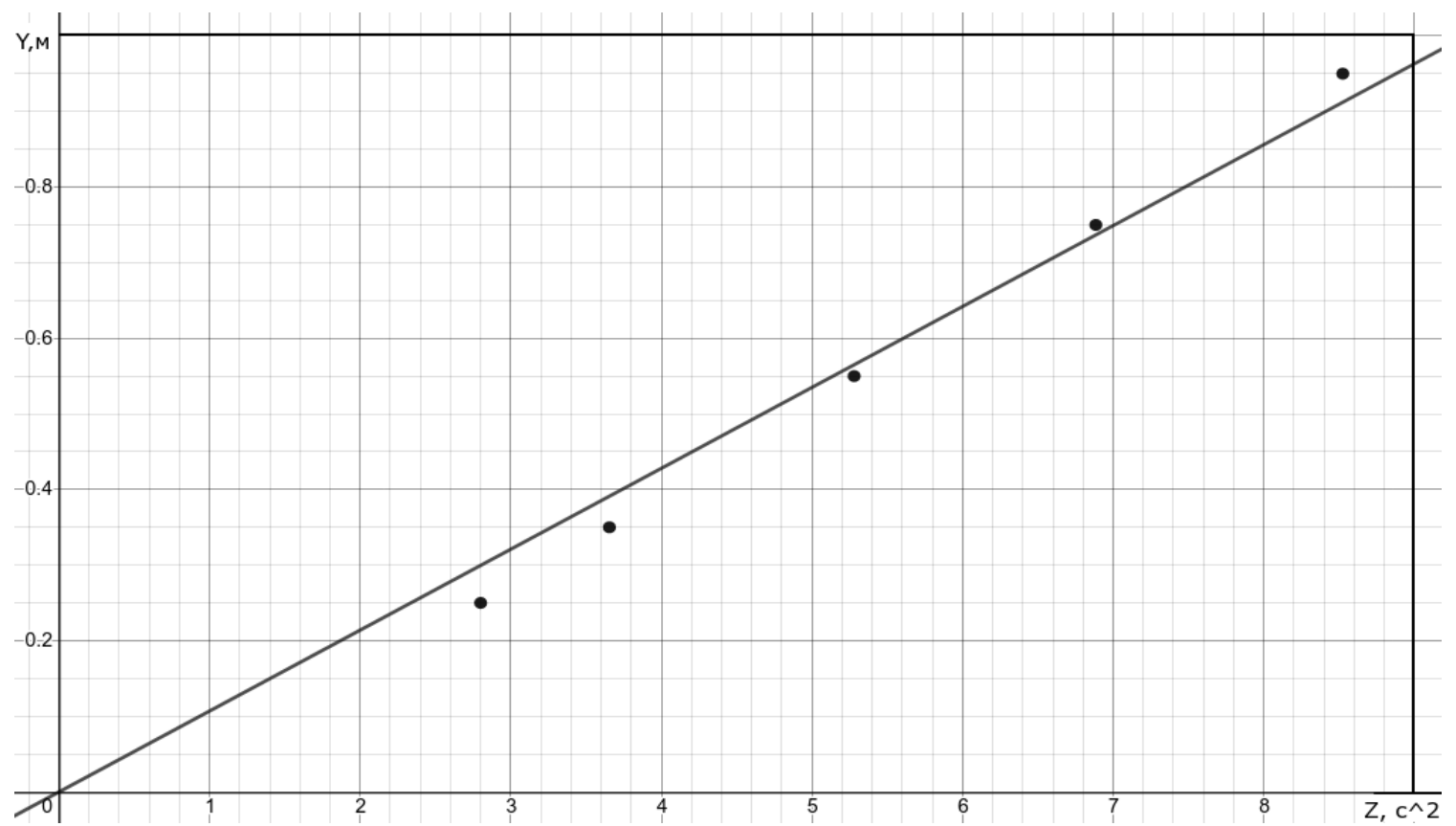


График 2: График аппроксимирующей линейной зависимости

$$a = A + B(\sin(\alpha))$$

