

Группа Ф3110

К работе допущен БД

Студент Бавыкин Р.А.

Работа выполнена БД

Преподаватель Коробков Н.П.

Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.02

### ИЗУЧЕНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ ТЕЛЕНКИ

#### ПО НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ

#### 1. Цель работы.

Экспериментально проверить равноускоренность движения теленки по наклонной плоскости, Определить величину ускорения свободного падения

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

1. Провести многократные измерения времени движения теленки с фиксированным углом наклона и с различными углами наклона
2. Определить зависимость ускорения теленки от измеренных величин
3. Найти абсолютные и относительные погрешности измерений
4. Составить таблицу с прямыми и косвенными измерениями
5. Построить график зависимости  $y, y(x), \alpha = \alpha(x, y)$
6. По полученным данным найти ускорение свободного падения.

#### 3. Объект исследования.

Скольжение теленки по наклонной плоскости

#### 4. Метод экспериментального исследования.

Проверка линейности графика, построенного по средн измерениям

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

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2}, \quad \sigma_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \alpha Z_i)^2}{(N-1) \sum_{i=1}^N Z_i^2}}$$

$$Y = X_2 - X_1, \quad Z = \frac{t_2^2 - t_1^2}{2}, \quad \sin \alpha = \frac{(h_0 - h) - (h'_0 - h')}{X' - X}$$

$$\langle \alpha \rangle = \frac{2(X_2 - X_1)}{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2}, \quad B \approx g, \quad \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \alpha_i \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2}$$

#### 6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка на рельсе		0 - 1,3 м	5 мм
2	Линейка на угольнике		0 - 250 мм	0,5 мм
3	МИЦ-3 в релюис секундомера		0-100 с	0,1 с
4				

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

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

см. Таблица 2, Таблица 3, Таблица 4

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

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

см.  $\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2} \approx 0,07; \quad \sin \alpha = \frac{(h_0 - h) - (h'_0 - h')}{x' - x};$

$$\text{Заг. 2 } \langle \alpha \rangle = \frac{2(x_2^2 - x_1^2)}{(t_2)^2 - (t_1)^2}; \quad B \approx 9; \quad \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \alpha_i \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2} \approx 9,4;$$

$$A = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \alpha_i - B \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right) \approx 0,0078;$$

см. Таблица 5



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

$$\text{Заг.1. } \sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - a z_i)^2}{(N-1) \sum_{i=1}^N z_i^2}} = 0,0049; \Delta a = 2\sigma_a = 0,01; \varepsilon_a = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\% = 12,6\%$$

$$\text{Заг.2. } \Delta a < a > = \sqrt{\frac{(\Delta x_2)^2 + (\Delta x_1)^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \cdot \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}} \\ \sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{N(N-2)}}; d_i = a_i - (A + B \sin \alpha_i); B = \frac{\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i^2}{N} - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2 = 0,59,00125$$

$$\sigma_g = 0,44; \Delta g = 0,9; \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\% = 9,6\%$$

$$\Delta g = |g_{\text{расч}} - g_{\text{табл}}| = |9,4 - 9,8195| = 0,4195 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\% = 4,3\%$$

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

Точки экспериментальной зависимости  $\{z_i; z_i\}$

График зависимости  $y(z) = a z$

Экспериментальные точки зависимости  $\alpha = \alpha(\sin \alpha)$

График аппроксимирующей линейной зависимости  $\alpha = A + B \sin \alpha$

12. Окончательные результаты. 1. Графики зависимости  $y = y(z)$  (заг.1),  $\alpha = \alpha(\sin \alpha)$  (заг.2)

2.  $a = 0,07 \pm 0,01 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \varepsilon = 12,6\%; \alpha = 90\%$

3.  $g = 9,4 \pm 0,9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \varepsilon = 9,6\%; \alpha = 90\%$

4.  $\Delta g = 0,4195; \varepsilon_{g_{\text{табл}}} = 4,3\%$

13. Выводы и анализ результатов работы.

1. Движение тележки равноускоренное; точки экспериментальной зависимости 1, 2, 3, 5 лежат по одну сторону от графика зависимости  $y(z) = a z$ , а точка 4 по другую сторону.

2. Полученное расчетным ускорение свободного падения меньше табличного значения для Санкт-Петербурга, но отклонение от табличного значения меньше расчетной абсолютной погрешности ( $0,4195 < 0,9$ ), значит результаты измерений являются достоверными.

Таблица 3

№	Измеренные величины				Рассчитанные величины	
	$x_1, \text{м}$	$x_2, \text{м}$	$t_1, \text{мс}$	$t_2, \text{мс}$	$x_2 - x_1, \text{м}$	$\frac{t_2^2 - t_1^2}{2}, \text{с}^2$
1	0,15	0,40	0,9	2,1	0,25 $\varepsilon=1,8\%$	1,8 $\varepsilon=12,7\%$
2	0,15	0,50	1,5	3,1	0,35 $\varepsilon=2\%$	3,68 $\varepsilon=9,4\%$
3	0,15	0,70	1,8	4,0	0,55 $\varepsilon=1,3\%$	6,38 $\varepsilon=6,9\%$
4	0,15	0,90	2,0	5,1	0,75 $\varepsilon=0,9\%$	11,005 $\varepsilon=5\%$
5	0,15	1,10	1,4	5,1	0,95 $\varepsilon=0,7\%$	12,025 $\varepsilon=4,4\%$

Таблица 4

$N_{\text{пл}}$	$h, \text{мм}$	$h', \text{мм}$	№	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
1	159	165	1	1,1	4,7
			2	1,6	5,1
			3	1,4	4,9
			4	1,3	4,8
			5	1,5	5,1
2	150	165	1	0,8	3,1
			2	0,8	3,2
			3	0,9	3,2
			4	0,9	3,2
			5	1,1	3,4
3	140	164	1	0,7	2,6
			2	0,7	2,5
			3	0,9	2,8
			4	0,9	2,8
			5	0,8	2,6
4	131	163	1	0,6	2,2
			2	0,5	2,1
			3	0,6	2,2
			4	0,7	2,3
			5	0,6	2,2
5	122	163	1	0,6	2,0
			2	0,7	2,1
			3	0,6	2,0
			4	0,6	2,1
			5	0,5	2,0

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

Таблица 2

$x, \text{м}$	$x', \text{м}$	$h_0, \text{мм}$	$h'_0, \text{мм}$
$0,220 \pm 0,005$	$1,000 \pm 0,005$	$167,0 \pm 0,5$	$165,0 \pm 0,5$



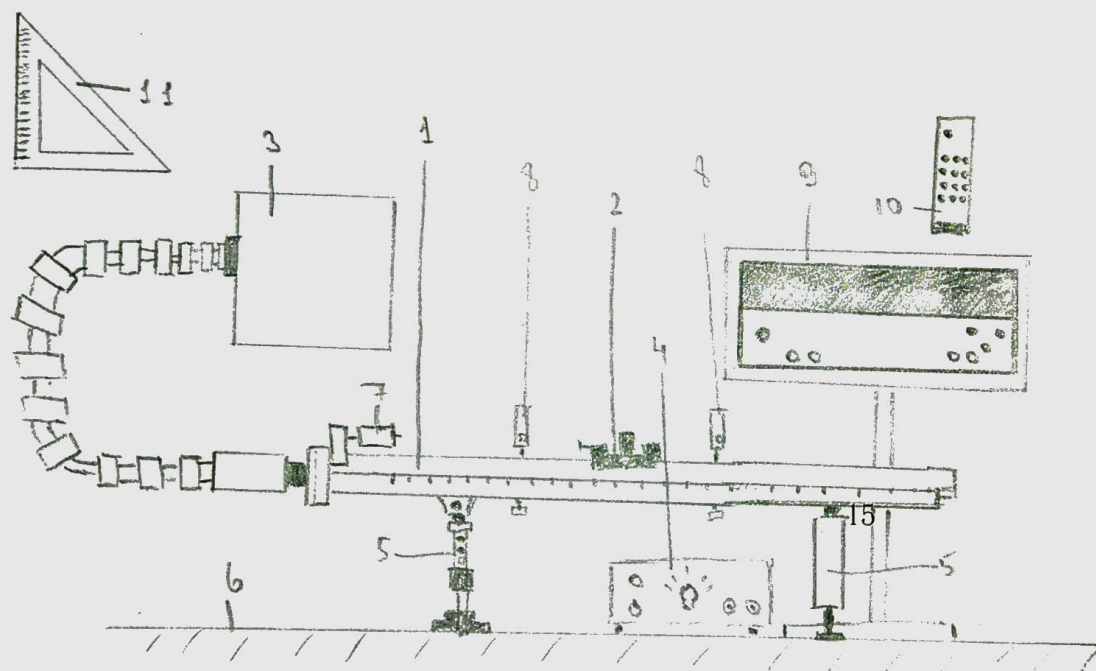
Таблица 5: Результаты расчетов (Задание 2)

$N_{\text{пл}}$	$\sin \alpha$	$\langle t_1 \rangle \pm \Delta t_1, \text{ c}$	$\langle t_2 \rangle \pm \Delta t_2, \text{ c}$	$\langle a \rangle \pm \Delta a, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
1	0,01	$1,38 \pm 0,04$	$4,92 \pm 0,04$	$0,085 \pm 0,012$
2	0,022	$0,92 \pm 0,04$	$3,22 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,04$
3	0,033	$0,80 \pm 0,04$	$2,66 \pm 0,04$	$0,30 \pm 0,08$
4	0,044	$0,60 \pm 0,04$	$2,2 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,14$
5	0,055	$0,60 \pm 0,04$	$2,04 \pm 0,04$	$0,50 \pm 0,18$

$N_{\text{пл}}$  - количество пластин

$$\langle t_{1,2} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{1,2,i}$$

(Приложение 1) Схема установки

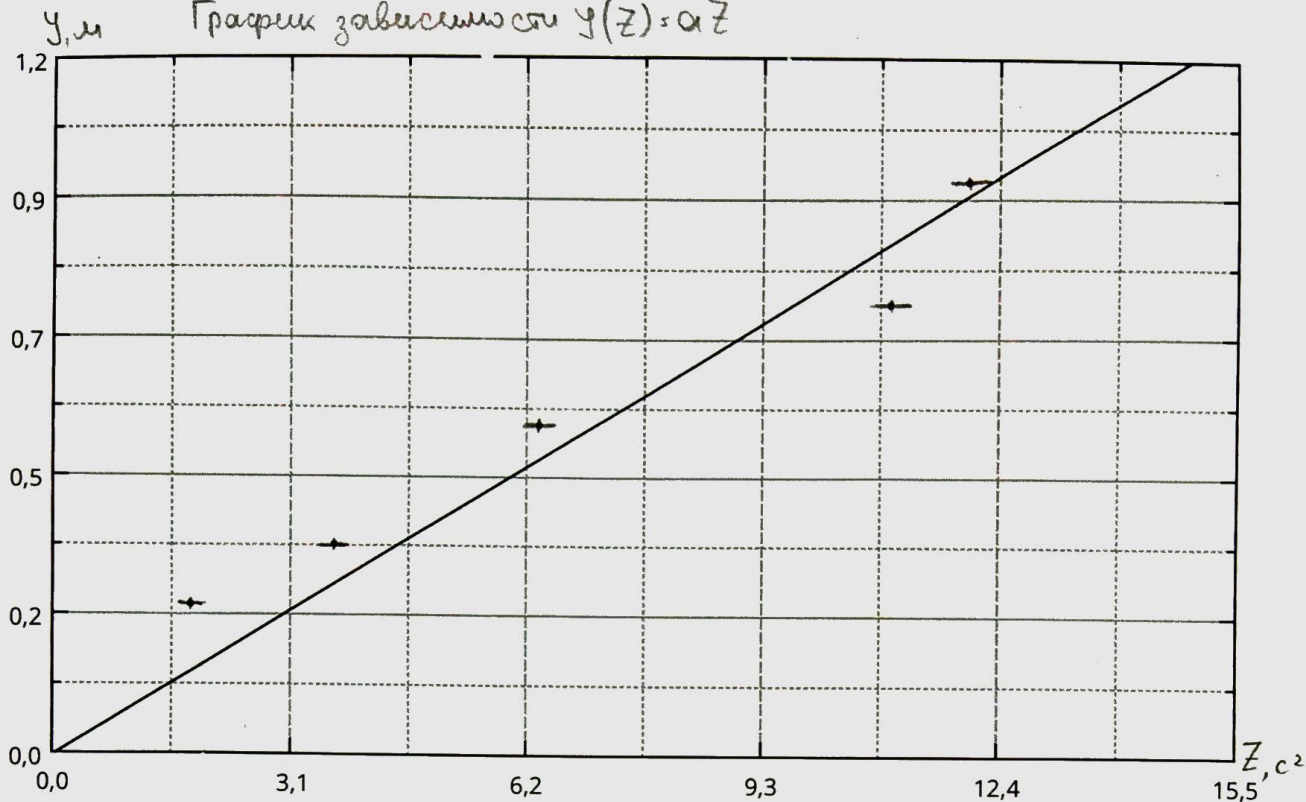


1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне
2. Теленка
3. Воздушный насос
4. Источник питания насоса ВС 4-12
5. Опоры рельса
6. Отгорная плоскость (поверхность стола)
7. Фиксированный измерительный механизм
8. Оптический датчик
9. Цифровой измерительный прибор ПКЦ-3
10. Пульт дистанционного управления ПКЦ-3
11. Линейка-угольник

## Приложение 2

Точки экспериментальной зависимости  $\{y_i; z_i\}$

График зависимости  $y(z) = \alpha z$



Экспериментальные точки зависимости  $\alpha = \alpha(\sin \alpha)$

График аппроксимирующей линейной зависимости  $\alpha = A + B \sin \alpha$

