

Группа ПИИКТ 1.2 К работе допущен _____
Студент Мухамедьяров А. А., Ларионов В. В., Работа выполнена _____
Шубин Е. В.
Преподаватель Рудель Алена Евгеньевна Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.2

Изучение скольжения тележки по наклонной плоскости

1. Цель работы.

1. Экспериментальная проверка равноускоренности движения тележки по наклонной плоскости.
2. Определение величины ускорения свободного падения g .

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Измерение времени движения тележки по рельсу с фиксированным углом наклона.
2. Измерение времени движения тележки по рельсу при разных углах наклона рельса к горизонту.
3. Исследование движения тележки при фиксированном угле наклона рельса. Проверка равноускоренности движения тележки.
4. Исследование зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса к горизонту. Определение ускорения свободного падения.

3. Объект исследования

Ускорение тележки при различных углах наклона.
Ускорение свободного падения g .

4. Метод экспериментального исследования.

Измерение времени, за которое тележка проходит заданное расстояние по наклонной плоскости при различных углах наклона.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

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

$$\Delta Y = \sqrt{\left(\frac{df_1}{dx_1} \cdot \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{df_1}{dx_2} \cdot \Delta x_2\right)^2}$$

$$\Delta Z = \sqrt{\left(\frac{df_2}{dt_1} \cdot \Delta t_1\right)^2 + \left(\frac{df_2}{dt_2} \cdot \Delta t_2\right)^2}$$

$$\varepsilon_Y = \frac{\Delta Y}{Y} \cdot 100\% \quad \varepsilon_Z = \frac{\Delta Z}{Z} \cdot 100\%$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2} \quad \sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - a \cdot Z_i)^2}{(N-1) \cdot \sum_{i=1}^N Z_i^2}}$$

$$\Delta_a = 2\sigma_a \quad \varepsilon_a = \frac{\Delta_a}{a} \cdot 100\%$$

$$\sin \alpha = \frac{(h - h_0) - (h' - h'_0)}{\frac{x' - x}{2(x_2 - x_1)}}$$

$$\langle a \rangle = \frac{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2}{2}$$

$$\Delta a = \langle a \rangle \cdot \sqrt{\frac{(\Delta x_{u2})^2 + (\Delta x_{u1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \cdot \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$$

$$B \equiv g = \frac{\sum_{i=1}^N (a_i \cdot \sin \alpha_i) - \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N a_i \cdot \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \cdot (\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i)^2}$$

$$A = \frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{i=1}^N a_i - B \cdot \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)$$

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_i - (A + B \cdot \sin \alpha_i))^2}{(\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \cdot (\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i)^2) \cdot (N-2)}}$$

$$\Delta_g = 2\sigma_g \quad \varepsilon_g = \frac{\Delta_g}{g} \cdot 100\%$$

$$\langle t \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

$$\Delta t = \sqrt{\left(\frac{df_3}{dt_1} \cdot \Delta t_1\right)^2 + \left(\frac{df_3}{dt_2} \cdot \Delta t_2\right)^2 + \left(\frac{df_3}{dt_3} \cdot \Delta t_3\right)^2 + \left(\frac{df_3}{dt_4} \cdot \Delta t_4\right)^2 + \left(\frac{df_3}{dt_5} \cdot \Delta t_5\right)^2}$$

$$\alpha = 0,90$$

$$N = 5$$

$$g_{мабл} = 9,8195 \frac{M}{c^2}$$

6. Измерительные приборы.

Таблица 1. Измерительные приборы.

№	Наименование	Предел измерений	Цена деления	Погрешность прибора
1	Линейка на рельсе	1,3 м	1 см/дел	5,0 мм
2	Линейка на угольнике	250 мм	1 мм/дел	0,5 мм
3	ПКЦЗ в режиме секундомера	100 с	0,1 с	0,1 с

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

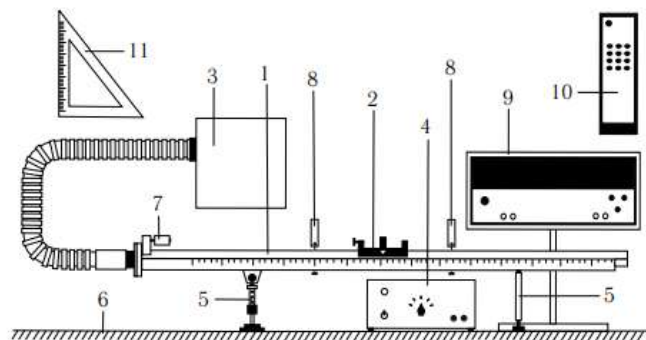


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне
2. Тележка
3. Воздушный насос
4. Источник питания насоса ВС 4-12
5. Опоры рельса
6. Опорная плоскость (поверхность стола)
7. Фиксирующий электромагнит
8. Оптические ворота
9. Цифровой измерительный прибор ПКЦ-3
10. Пульт дистанционного управления прибором ПКЦ-3
11. Линейка – угольник

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

Задание 1. Измерение времени движения тележки по рельсу с фиксированным углом наклона.

Таблица 2.

x, м	x', м	h ₀ , мм	h ₀ ', мм
0,220 ± 0,005	1 ± 0,005	142 ± 0,5	142 ± 0,5

Таблица 3. Результаты прямых измерений (Задание 1).

№	Измеренные величины				Рассчитанные величины	
	x ₁ , м	x ₂ , м	t ₁ , с	t ₂ , с	x ₂ - x ₁ , м	$\frac{t_2^2 - t_1^2}{2}, c^2$
1	0,15	0,40	1,2	2,2	0,25	1,7
2	0,15	0,50	1,2	2,6	0,35	2,66
3	0,15	0,70	1,2	3,1	0,55	4,085
4	0,15	0,90	1,2	3,5	0,75	5,405
5	0,15	1,10	1,2	4,0	0,95	7,28

Добавлено примечание ([1]): таблицы подписываются сверху

Добавлено примечание ([2R1]): _Marked as resolved_

Добавлено примечание ([3R1]): _Re-opened_

Задание 2. Исследование зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса к горизонту. Определение ускорения свободного падения.

Таблица 4. Результаты прямых измерений (Задание 2)

n _г	h, mm	h', mm	№	t ₁ , с	t ₂ , с
1	152	142	1	1,4	4,0
			2	1,4	4,2
			3	1,4	4,2
			4	1,3	4,2
			5	1,4	4,2
2	162	142	1	0,9	2,9
			2	0,9	3,0
			3	0,9	3,0
			4	0,9	3,0
			5	0,9	3,0
3	172	142	1	0,7	2,4

			2	0,7	2,4
			3	0,7	2,5
			4	0,7	2,4
			5	0,7	2,4
4	182	142	1	0,6	2,1
			2	0,6	2,1
			3	0,6	2,1
			4	0,6	2,1
			5	0,6	2,1
5	192	142	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

9. Расчет результатов косвенных измерений
Задание 1

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2} = \frac{14,57}{108,87} \cong 0,1339 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$
$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - a \cdot Z_i)^2}{(N - 1) \cdot \sum_{i=1}^N Z_i^2}} = \sqrt{\frac{0,0019}{435,461}} \cong 0,00206 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Задание 2

Таблица 5. Результаты расчетов (Задание 2)

$N_{\text{пл}}$	$\sin \alpha$	$\langle t_1 \rangle \pm \Delta t_1, \text{с}$	$\langle t_2 \rangle \pm \Delta t_2, \text{с}$	$\langle a \rangle \pm \Delta a, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
1	0,0128	$1,24 \pm 0,058$	$4,16 \pm 0,069$	$0,12 \pm 0,005$
2	0,0256	$0,9 \pm 0,05$	$2,98 \pm 0,055$	$0,235 \pm 0,01$
3	0,0385	$0,7 \pm 0,05$	$2,4 \pm 0,05$	$0,361 \pm 0,017$
4	0,0513	$0,6 \pm 0,05$	$2,1 \pm 0,05$	$0,469 \pm 0,026$
5	0,0641	$0,56 \pm 0,058$	$1,9 \pm 0,05$	$0,576 \pm 0,035$
$N_{\text{пл}}$ – количество пластин				
$\langle t_{1,2} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{1i,2i}$				

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

$$B \equiv g = \frac{\sum_{i=1}^N (a_i \cdot \sin \alpha_i) - \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N a_i \cdot \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \cdot (\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i)^2} = 8,9348 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$A = \frac{1}{N} \cdot (\sum_{i=1}^N a_i - B \cdot \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i) = 0,00875$$
$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_i - (A + B \cdot \sin \alpha_i))^2}{(\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \cdot (\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i)^2) \cdot (N - 2)}} = 1,6019 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

11. Графики

График 1. Зависимость γ от Z

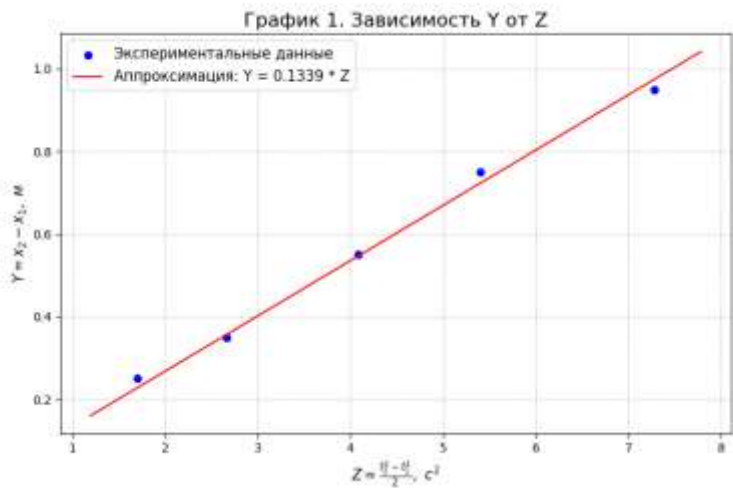
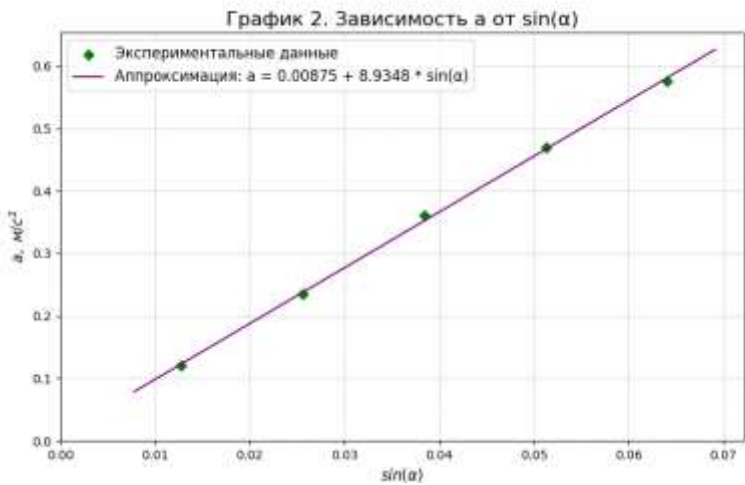


График 2. Зависимость a от $\sin(\alpha)$



12. Окончательные результаты.

$$a = 0,1339; \Delta a = 0,0412; \varepsilon a = 3,08; |g - g_{\text{табл}}| = 0,8847 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \varepsilon g_{\text{табл}} = 8,6 \%$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что нам удалось проверить равноускоренность движения тележки по наклонной плоскости и определить величину ускорения свободного падения g .

Как можно заметить в графике №2 движение тележки с учетом погрешностей является равноускоренным и зависимость вполне равномерна.

Полученное нами ускорение свободного падения незначительно отличается от значения Санкт-Петербурга.

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод, что полученное значение ускорения свободного падения отличается от принятого стандартного значения с относительной погрешностью в 8,6%. Это указывает на допустимую погрешность измерений, связанную с методикой и условиями эксперимента.

16. Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*).

- Примечание:**
1. Пункты 1-6,8-13 Протокола-отчета **обязательны** для заполнения.
 2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.
 3. При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.
 4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.