

Группа _____ ПИИКТ 1.2 _____

К работе допущен _____

Студент Мухамедьяров А. А., Ларионов В. В.,
Шубин Е. В.

Работа выполнена _____

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.

$$Y = x_2 - x_1$$

$$Z = \frac{t_2^2 - t_1^2}{2}$$

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

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

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

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

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

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

$$\langle a \rangle = \frac{2(x_2 - x_1)}{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2}$$

$$\Delta a = \langle a \rangle \cdot \sqrt{\frac{(\Delta x_{n2})^2 + (\Delta x_{n1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \cdot \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$$

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

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

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

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

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

$$\Delta t = \sqrt{(\frac{df_2}{dt_1} \cdot \Delta t_1)^2 + (\frac{df_2}{dt_2} \cdot \Delta t_2)^2 + (\frac{df_2}{dt_3} \cdot \Delta t_3)^2 + (\frac{df_2}{dt_4} \cdot \Delta t_4)^2 + (\frac{df_2}{dt_5} \cdot \Delta t_5)^2}$$

$$g_{\text{табл}} = 9,82 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

6. 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

Таблица 1. Измерительные приборы.

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

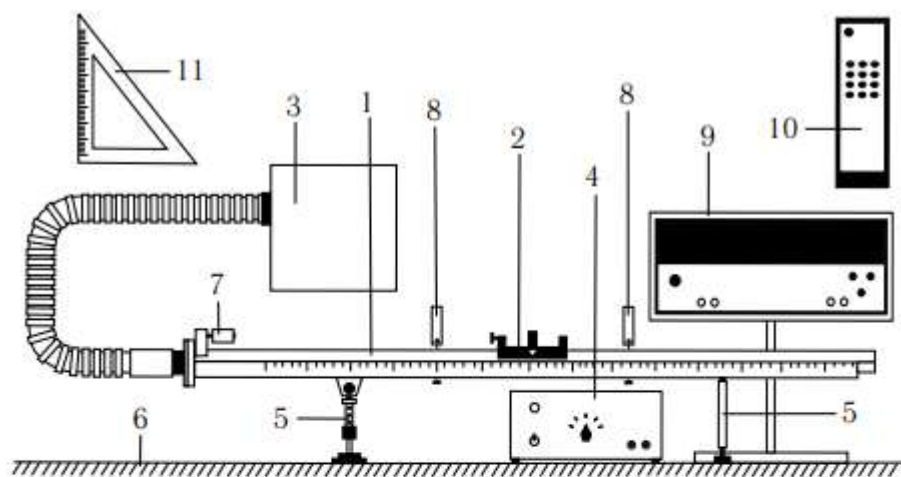


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

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.

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

Таблица 2.

№	Измеренные величины				Рассчит. Велич.	
	x1, (м)	x2, (м)	t1, (с)	t2, (с)	(x2-x1), (м)	(t2 ² -t1 ²)/2, (с ²)
1	0,15	0,40	1,20	2,20	0,25	1,7
2	0,15	0,50	1,20	2,60	0,35	2,66
3	0,15	0,70	1,20	3,10	0,55	4,085
4	0,15	0,90	1,20	3,50	0,75	5,405
5	0,15	1,10	1,20	4,00	0,95	7,28

Таблица 3. Результаты прямых измерений (Задание 1).

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

Кол-во пластин	h, (мм)	h', (мм)	№ опыта	t1, (с)	t2, (с)
1	152	142	1	1,20	4,00
			2	1,30	4,20
			3	1,20	4,20
			4	1,30	4,20
			5	1,20	4,20
2	162	142	1	0,90	2,90
			2	0,90	3,00
			3	0,90	3,00
			4	0,90	3,00
			5	0,90	3,00
3	172	142	1	0,70	2,40
			2	0,70	2,40
			3	0,70	2,40
			4	0,70	2,40
			5	0,70	2,40
4	182	142	1	0,60	2,10
			2	0,60	2,10
			3	0,60	2,10
			4	0,60	2,10
			5	0,60	2,10
5	192	142	1	0,50	1,90
			2	0,60	1,90
			3	0,50	1,90
			4	0,60	1,90
			5	0,60	1,90

Таблица 4. Результаты прямых измерений (Задание 2)

9. Расчет результатов косвенных измерений

Задание 1

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2} \cong 0,1339 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - a \cdot Z_i)^2}{(N-1) \cdot \sum_{i=1}^N Z_i^2}} \cong 0,0206 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Задание 2

Количество пластин	sin a	t1, (с)	t2, (с)	a, (м/с^2)
1	0,012820513	1,240 ± 0,058	4,16 ± 0,069	0,12 ± 0,005
2	0,025641026	0,9 ± 0,05	2,98 ± 0,055	0,235 ± 0,01
3	0,038461538	0,7 ± 0,05	2,4 ± 0,05	0,361 ± 0,017
4	0,051282051	0,6 ± 0,05	2,1 ± 0,05	0,469 ± 0,026
5	0,064102564	0,56 ± 0,058	1,9 ± 0,05	0,576 ± 0,035

Таблица 5. Результаты расчетов (Задание 2)

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

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

$$A = \frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{i=1}^N a_i - B \cdot \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right) = 0,00875$$

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

11. Графики

График 1. Зависимость Y от Z

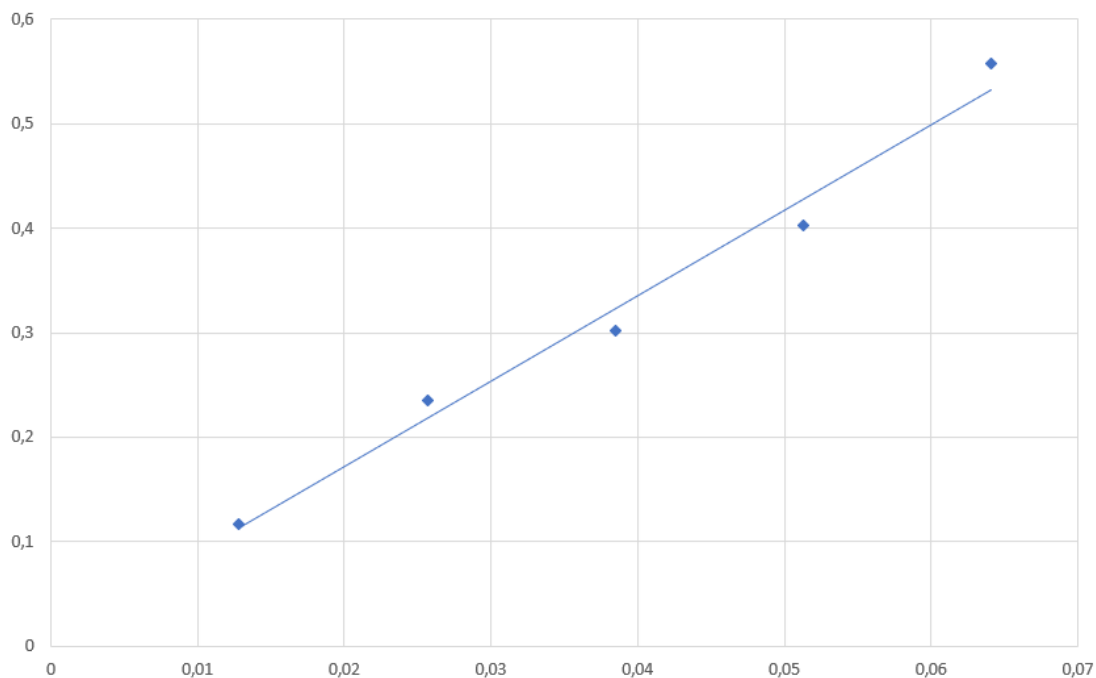
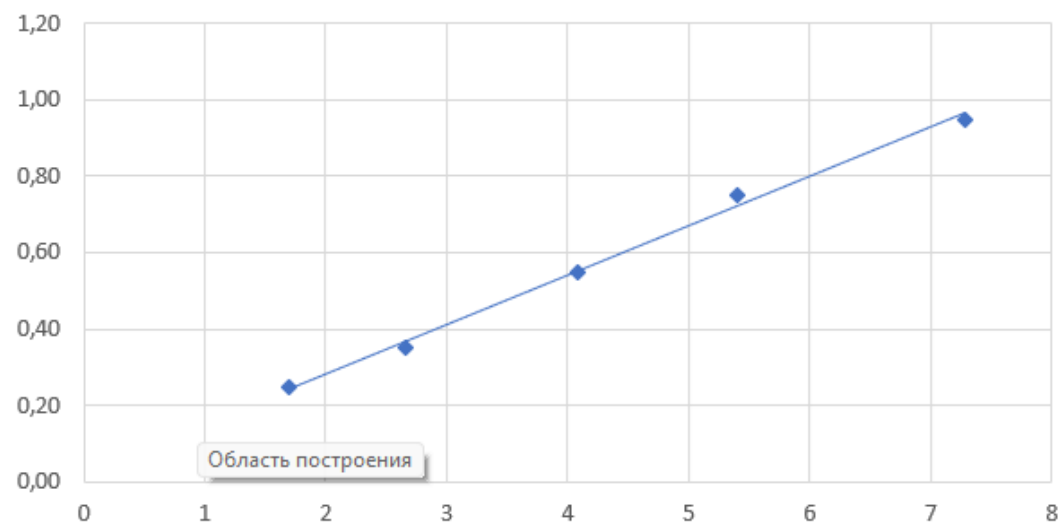


График 2. Зависимость a от $\sin \alpha$



12. Окончательные результаты.

$$\Delta a = 2\sigma = 0,0412$$

$$\varepsilon a = \Delta a - a \cdot 100\% = 30,7\%$$

$g_{\text{табл}} = 9,8195$ для Санкт-Петербурга

$$|g - g_{\text{табл}}| = 0,8847 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\varepsilon_{g_{\text{табл}}} = \frac{|g - g_{\text{табл}}|}{g_{\text{табл}}} \cdot 100\% = 8,6 \%$$

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.

