

Группа _____ М3215 _____

К работе допущен _____

Студент _____ Гаджиев С. И. _____

Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Тимофеева Э. О. _____

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.02

“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 различных 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.

Тележка, движущаяся по наклонной плоскости.

4. Метод экспериментального исследования.

Множественные измерения времени, за которое тележка проходит через оптические ворота. В ходе измерений происходили изменения угла наклона пути и положение вторых ворот.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1) $v_x(t) = v_{0x} + a_x t,$

2) $x(t) = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}.$

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

4) $Y = x_2 - x_1$

5) $Z = (t_2^2 - t_1^2) / 2$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i Y_i}{\sum_{i=1}^N Z_i^2};$$

$$6) \quad a = g (\sin \alpha - \mu)$$

$$8) \quad a = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha$$

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

$$9) \quad \Delta a = 2\sigma_a$$

$$10) \quad \varepsilon_a = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\%$$

$$11) \quad Y(Z) = aZ$$

$$12) \quad \sin \alpha = \frac{(h_0 - h) - (h'_0 - h')}{x' - x}$$

$$13) \quad \langle a \rangle = \frac{2(x_2 - x_1)}{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2}$$

$$14) \quad \Delta a = \langle a \rangle \sqrt{\frac{(\Delta x_{n2})^2 + (\Delta x_{n1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$$

$$15) \quad B \equiv g = \frac{\sum_{i=1}^N a_i \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2};$$

$$16) \quad A = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N a_i - B \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)$$

$$17) \quad \sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{D(N-2)}},$$

$$18) \quad d_i = a_i - (A + B \sin \alpha_i)$$

$$19) \quad D = \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2$$

$$20) \quad \Delta g = 2\sigma_g$$

$$21) \quad \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\%$$

$$22) \quad \langle t_{1,2} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{1,2i}$$

$$23)$$

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка на рельсе	Механический	0–1,3 м	5 мм
2	Линейка на угольнике	Механический	0–250 мм	0,5 мм
3	ПКЦ-3 в режиме секундомера	Цифровой	0–5 с	0,1 с

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

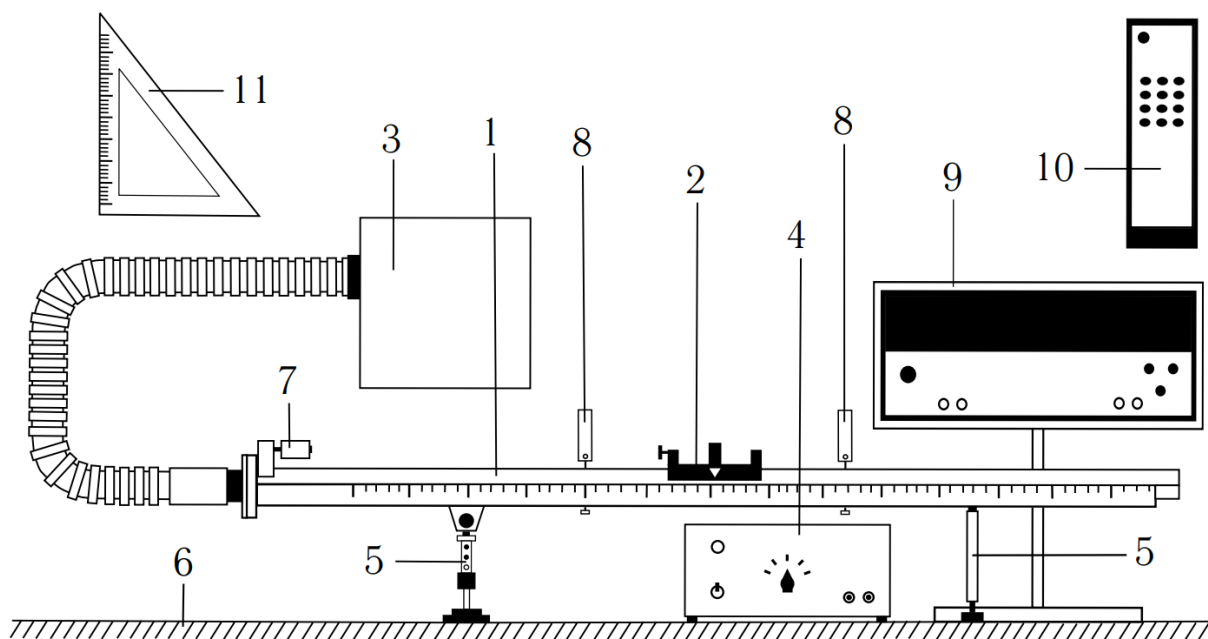


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

- 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.

По рельсу «1» скользит тележка «2». Для уменьшения трения между поверхностями рельса и тележки создается воздушная подушка с помощью воздушного насоса «3», подключенного к источнику питания «4». Электрические провода, подключающие воздушный насос к источнику питания, на рисунке не показаны. Высота рельса над опорной плоскостью «6» регулируется с помощью винтовых ножек опор «5». Электромагнит «7» фиксирует тележку в начале шкалы. Тележка снабжена флажком с черными вертикальными рисками. Цифровой измерительный прибор «9» фиксирует момент времени, скорость и ускорение тележки при прохождении флажка через оптические ворота «8». Запуск тележки и изменение режимов осуществляется пультом дистанционного управления «10». Угольник «11» используется для измерения вертикальной координаты точек рельса.

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

Таблица №2. Параметры установки.

x, м	x', м	h_0, мм	h_0', мм
0,22	1	192	192

Таблица №3. Измерительные величины и результаты 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	0,4	1,8	3,0	0,250	2,88
2	0,15	0,5	1,6	3,4	0,35	4,50
3	0,15	0,7	1,6	4,0	0,55	6,72
4	0,15	0,9	1,5	4,3	0,75	8,12
5	0,15	1,1	1,5	4,9	0,95	10,88

Таблица №4. Результаты прямых измерений. (Задание №2)

N_пластин	h, мм	h', мм	№	t_1, с	t_2, с
1	201	192	1	1,5	4,8
			2	1,5	4,9
			3	1,8	5,1
			4	1,8	5,0
			5	1,7	4,9
2	211	193	1	1,2	3,5
			2	1,1	3,3
			3	1,2	3,4
			4	1,3	3,5
			5	1,2	3,4
3	221	194	1	1,0	2,8
			2	1,0	2,7
			3	0,9	2,6
			4	1,0	2,8
			5	1,0	2,8
4	230	195	1	0,9	2,4
			2	0,8	2,4
			3	0,9	2,5
			4	0,9	2,4
			5	0,9	2,4
5	238	195	1	0,7	2,1
			2	0,8	2,1
			3	0,7	2,1
			4	0,8	2,2
			5	0,8	2,2

Таблица №5. Результаты расчётов. (Задание №2)

N_пластин	$\sin\alpha$	$\langle t1 \rangle \pm \Delta t1, \text{ c}$	$\langle t2 \rangle \pm \Delta t2, \text{ c}$	$\langle a \rangle \pm \Delta a, \text{ м/с}^2$
1	-0,012	$1,66 \pm 0,200$	$4,94 \pm 0,157$	$0,023 \pm 0,002$
2	-0,023	$1,2 \pm 0,110$	$3,42 \pm 0,124$	$0,068 \pm 0,006$
3	-0,035	$0,98 \pm 0,087$	$2,74 \pm 0,130$	$0,168 \pm 0,019$
4	-0,045	$0,88 \pm 0,087$	$2,42 \pm 0,087$	$0,295 \pm 0,026$
5	-0,055	$0,76 \pm 0,095$	$2,14 \pm 0,095$	$0,475 \pm 0,051$

9. Графики.

График №1:

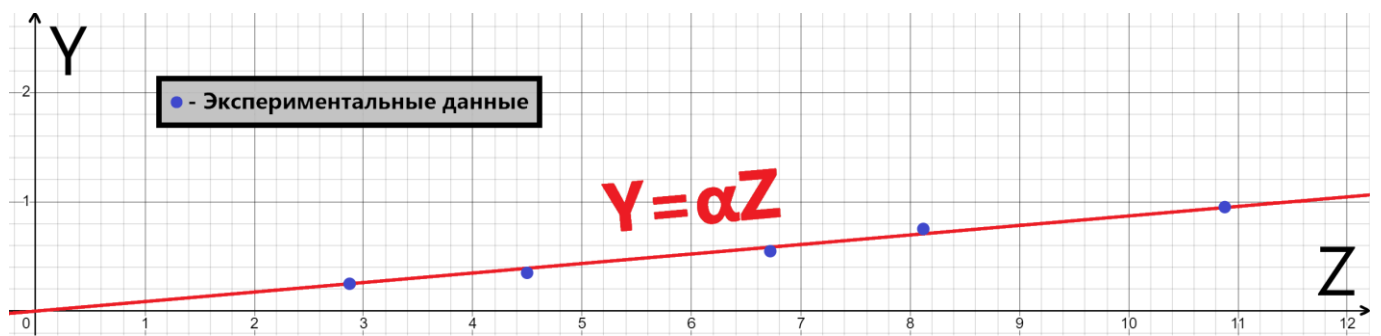
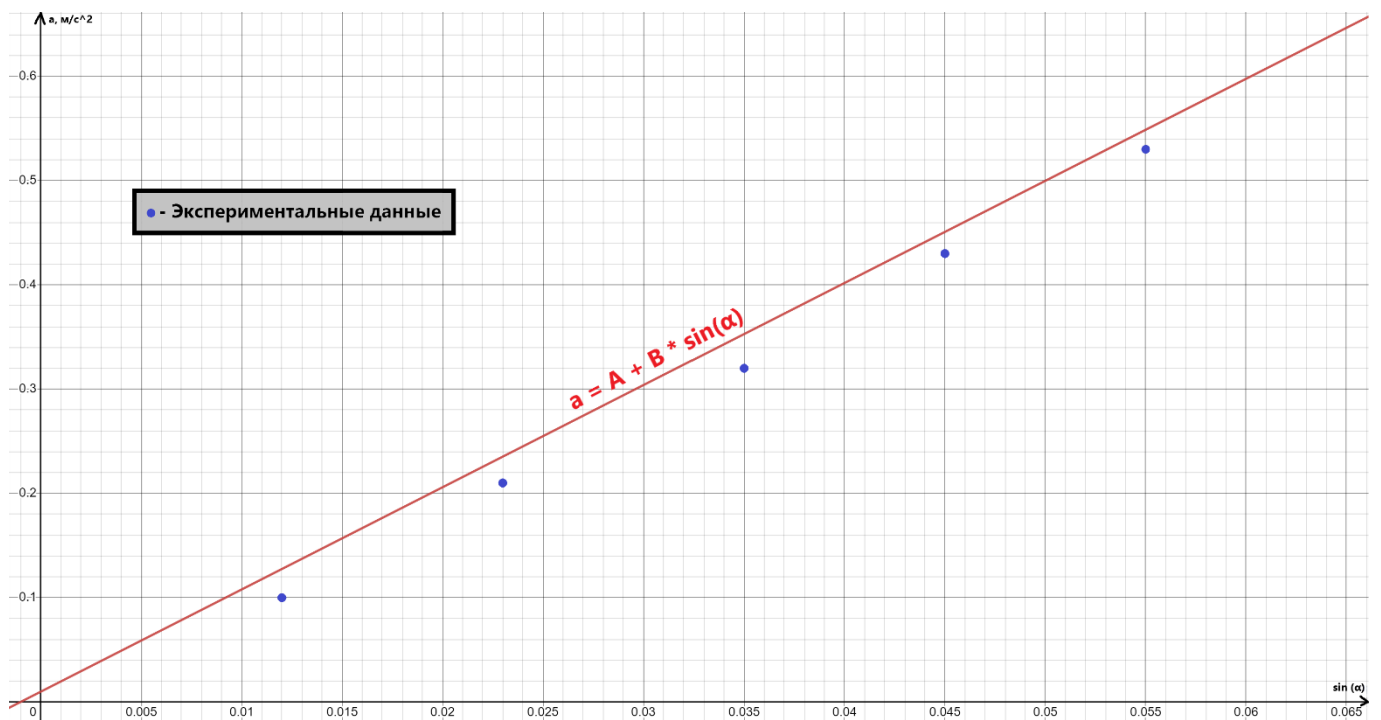


График №2:



10. Окончательные результаты.

Задание №1:

$$a = [0,0869 \pm 0,004] \text{ м/с}^2; \quad \varepsilon_a = 4,98\%; \quad \alpha = 0,90;$$

Задание №2:

$$g = [9,800 \pm 0,734] \text{ м/с}^2; \quad \varepsilon_g = 14,98\%; \quad \alpha = 0,90;$$

$$|g_{\text{эксп}} - g_{\text{табл}}| = 0,020$$

11. Выводы и анализ результатов работы.

Вывод 1:

Движение тележки может быть рассмотрено как равноускоренное, потому что экспериментальные данные показывают, что точки на графике практически совпадают с линейной зависимостью перемещения. Кроме того, разница между квадратами значений времени, когда тележка проходит оптические ворота, незначительна, и погрешности абсолютных и относительных значений минимальны.

Вывод 2:

Результаты моих измерений могут считаться достоверными, поскольку разница между полученным экспериментальным значением ускорения свободного падения и табличным значением для Санкт-Петербурга намного меньше, чем абсолютная погрешность эксперимента.

Агчаикин
Гаджиев
1Р 1.02
8.09.2023

Агчаикин

<https://study.physics.itmo.ru>

Таблица 3: Результаты прямых измерений (Задание 1)

№	Измеренные величины				Рассчитанные величины	
	$x_1, м$	$x_2, м$	$t_1, с$	$t_2, с$	$x_2 - x_1, м$	$\frac{t_2^2 - t_1^2}{2}, с^2$
1	0,15	0,4	1,8	3,0		
2	0,15	0,5	1,6	3,4		
3	0,15	0,7	1,6	4,0		
4	0,15	0,9	1,5	4,3		
5	0,15	1,1	1,5	4,9		

1,6; 3,4

1,6; 4,0

1,8; 4,6

Табл. 2

$x, м$	$x', м$	$h_0, мм$	$h'_0, мм$
220	1000	192	192

Физик

Таблица 4: Результаты прямых измерений (Задание 2)

$N_{\text{пл}}$	h , мм	h' , мм	N_0	t_1 , с	t_2 , с
1	210 201	192	1	1,5	4,8
			2	1,5	4,9
			3	1,8	5,1
			4	1,8	5,0
			5	1,7	4,9
2	211	193	1	1,2	3,5
			2	1,1	3,3
			3	1,2	3,4
			4	1,3	3,5
			5	1,2	3,4
3	221	194	1	1,0	2,8
			2	1,0	2,7
			3	0,9	2,6
			4	1,0	2,8
			5	1,0	2,8
4	230	195	1	0,9	2,4
			2	0,8	2,4
			3	0,9	2,5
			4	0,9	2,4
			5	0,9	2,4
5	238	195	1	0,7	2,1
			2	0,8	2,1
			3	0,7	2,1
			4	0,8	2,2
			5	0,8	2,2

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