

Группа N3149_____ К работе допущен_____

Студент Синюта Анастасия Анатольевна Работа выполнена_____

Преподаватель Иванов Виктор Юрьевич 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 разных углах наклона рельса к горизонту.
3. Построение графиков зависимости ускорения тележки от угла наклона

3. Объект исследования.

Тележка на рельсе.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократные прямые измерения ускорения тележки. Обработка и анализ полученных результатов.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Формула нахождения коэффициента a и его СКО:

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

Абсолютная погрешность коэффициента a :

$$\Delta_a = 2\sigma_a$$

Относительная погрешность ускорения:

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

Синус угла наклона рельса к горизонту:

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

Ускорение и его погрешность:

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

$$\Delta a = \langle a \rangle \cdot \sqrt{\frac{(\Delta x_{и2})^2 + (\Delta x_{и1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \cdot \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$$

Коэффициенты линейной зависимости:

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

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

6. Измерительные приборы.

Таблица 1: Измерительные приборы

Наименование	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	$\Delta_{и}$
Линейка на рельсе	1,3 м	1 см/дел	—	5 мм
Линейка на угольнике	250 мм	1 мм/дел	—	0,5 мм
ПКЦ-3 в режиме секундомера	100 с	0,1 с	—	0,1 с

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

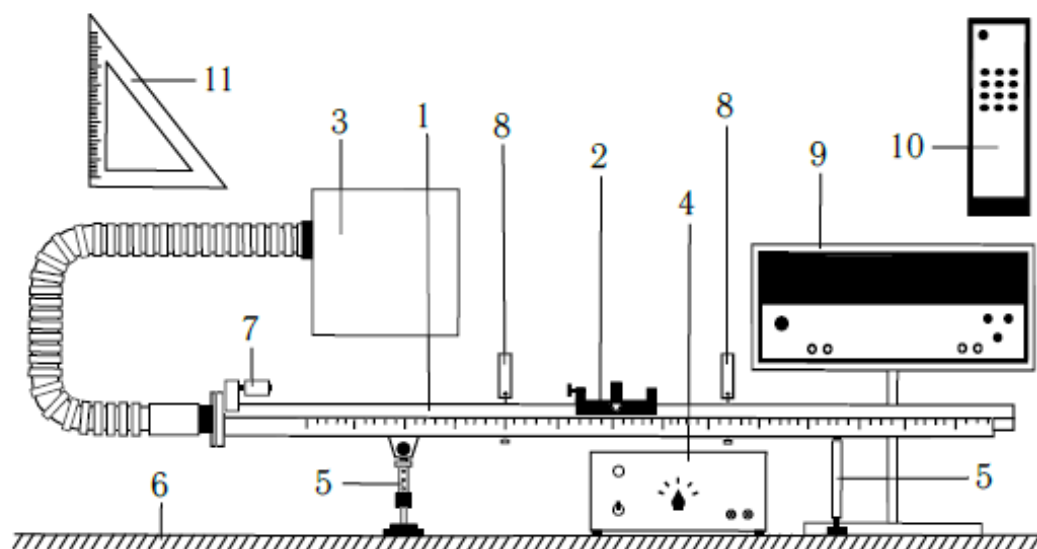


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

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).

Таблица 2			
x , мм	x' , мм	h_0 , мм	h_0' , мм
220	1000	230	230
220 ± 5	1000 ± 5	$200 \pm 0,5$	$200 \pm 0,5$
$\Delta x = \Delta x' = 5$ мм, $\Delta h_0 = \Delta h_0' = 0,5$ мм			

Таблица 3: Результаты прямых измерений (Задание 1)						
№	Измеренные величины				Рассчитанные величины	
	$x_1, \text{ м}$	$x_2, \text{ м}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$Y = x_2 - x_1, \text{ м}$	$Z = (t_2^2 - t_1^2)/2, \text{ с}^2$
1	0,15	0,40	1,7	3,0	0,25	3,055
2	0,15	0,50	1,8	3,6	0,35	4,860
3	0,15	0,70	1,8	4,0	0,55	6,380
4	0,15	0,90	1,7	4,5	0,75	8,680
5	0,15	1,10	1,9	5,2	0,95	11,715

Таблица 4: Результаты прямых измерений (Задание 2)					
NПЛ	h, мм	h' , мм	№	t1, с	t2, с
1	240	230	1	1,6	4,6
			2	1,6	4,6
			3	1,7	4,7
			4	1,9	4,8
			5	1,7	4,7
2	250	230	1	1,2	3,2
			2	1,3	3,3
			3	1,2	3,2
			4	1,2	3,2
			5	1,2	3,2
3	260	230	1	1,0	2,7
			2	0,9	2,6
			3	1,0	2,7
			4	1,0	2,7
			5	1,0	2,7
4	270	230	1	0,7	2,2
			2	0,7	2,2
			3	0,8	2,3
			4	0,9	2,4
			5	0,8	2,3
5	280	230	1	0,6	1,9
			2	0,6	1,9
			3	0,6	1,9
			4	0,7	2,0
			5	0,7	2,0
NПЛ - количество пластин h - высота на координате $x = 0,22 \text{ м}$ h' - высота на координате $x' = 1,00 \text{ м}$					

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

Коэффициент a и его среднеквадратическое отклонение (СКО) (Задание 1.3):

$$a = 0,082$$

$$\sigma_a = 0,002$$

Таблица 5 - Задание 2 (п. 1-4):

Таблица 5: Результаты расчетов (Задание 2)										
№Пл	$\sin \alpha$	$\langle t_1 \rangle \pm \Delta t_1, \text{ с}$	$\langle t_2 \rangle \pm \Delta t_2, \text{ с}$	$\langle a \rangle \pm \Delta a, \text{ м/с}^2$	$\langle t_1 \rangle$	$\langle t_2 \rangle$	Δt_1	Δt_2	$\langle a \rangle$	Δa
1	0,013	$1,70 \pm 0,76$	$4,68 \pm 2,09$	$0,03 \pm 0,028$	1,70	4,68	0,76	2,09	0,03	0,028
2	0,026	$1,22 \pm 0,55$	$3,22 \pm 1,44$	$0,08 \pm 0,085$	1,22	3,22	0,55	1,44	0,08	0,085
3	0,038	$0,98 \pm 0,44$	$2,68 \pm 1,20$	$0,18 \pm 0,186$	0,98	2,68	0,44	1,20	0,18	0,186
4	0,051	$0,78 \pm 0,35$	$2,28 \pm 1,02$	$0,33 \pm 0,335$	0,78	2,28	0,35	1,02	0,33	0,335
5	0,064	$0,64 \pm 0,29$	$1,94 \pm 0,87$	$0,57 \pm 0,574$	0,64	1,94	0,29	0,87	0,57	0,574
$N_{\text{Пл}}$ - количество пластин										
$\langle t_{1,2} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{1,2,i}$										
$\sin \alpha = \frac{(h_0 - h) - (h'_0 - h')}{x' - x} \quad \langle a \rangle = \frac{2(x_2 - x_1)}{\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2} \quad \Delta a = \langle a \rangle \cdot \sqrt{\frac{(\Delta x_{n2})^2 + (\Delta x_{n1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \cdot \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$										

Коэффициенты линейной зависимости А и В (Задание 2.5):

$$B = 10,36111$$

$$A = -0,16346$$

СКО для ускорение свободного падения (Задание 2.6):

СКО для ускорение свободного падения (Задание 2.6):

$$\sigma_g = 1,63578$$

Задание 2.6			
$\sigma g =$	1,63578	$d1 =$	0,05693
$\text{СУММ}(di^2) =$	0,01319	$d2 =$	-0,0234
$D =$	0,00164	$d3 =$	-0,0582
$\Delta g =$	3,27157	$d4 =$	-0,0411
$\varepsilon g =$	32%	$d5 =$	0,06578

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{D(N-2)}}.$$
$$d_i = a_i - (A + B \sin \alpha_i), \quad D = \sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2$$
$$\Delta g = 2\sigma_g, \quad \varepsilon_g = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\%.$$

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

Абсолютная погрешность коэффициента для доверительной вероятности $\alpha = 0,90$ (Задание 2.6):

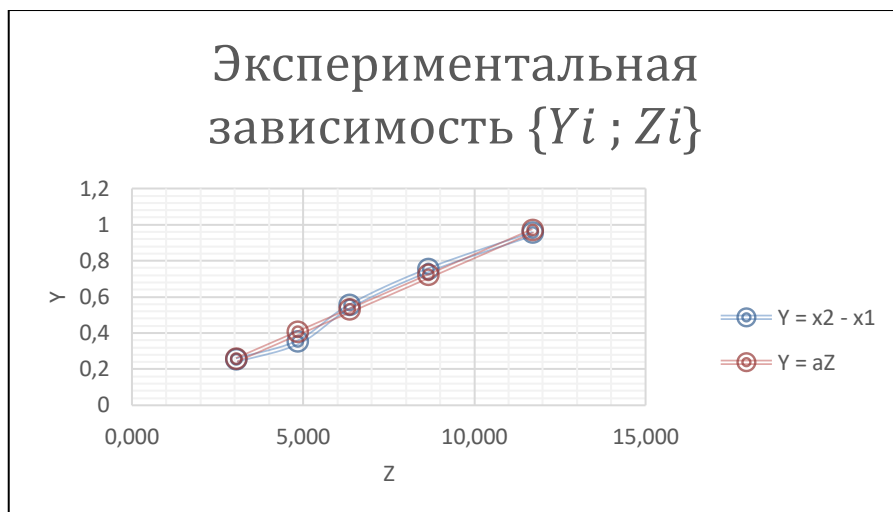
$$\Delta g = 3,27157$$

Относительная погрешность (Задание 2.6):

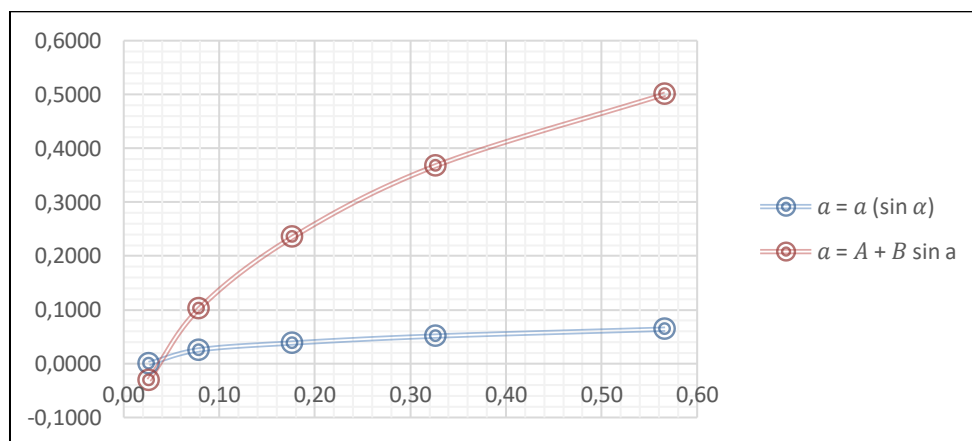
$$\varepsilon_g = 32\%$$

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

Задание 1.2, 1.4:



Задание 2.8 - 2.9:



12. Окончательные результаты.

- Экспериментально проверили равноускоренность движения тележки по наклонной плоскости.
- Вычислили ускорение свободного падения тележки.

$$g = 10,36111$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

$$g = 10,36111$$

$$\Delta g = 2\sigma g = 3,27157$$

$$\varepsilon g = 32\%$$

$$|g_{\text{эксп}} - g_{\text{табл}}| = 0,5611$$

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

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

Примечание:

1. Пункты 1-13 Протокола-отчета обязательны для заполнения.
2. Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.
3. Для построения графиков используют только миллиметровую бумагу.
4. Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.