

Группа m3115 К работе допущен _____

Студент Кочубеев Николай Сергеевич Работа выполнена _____

Преподаватель: Рахманова Гульназ Раифовна Отчет принят _____

1. Цель работы.

Экспериментальная проверка равноускоренности движения тележки по наклонной плоскости. Определения ускорения свободного падения

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

1. Измерить время движения тележки по рельсу с фиксированным углом наклона.
2. Измерить время движения тележки по рельсу при разных углах наклона рельса к горизонту
3. Проверить равноускоренность движения при фиксированном угле наклона рельса.
4. Определить экспериментальное ускорение свободного падения из полученных в п.2 результатов.
5. Рассчитать погрешность измерений

3. Объект исследования.

Движение тележки по наклонному рельсу.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократное измерение времени движения тележки по рельсу при различном расстоянии между оптическими воротами; при различном угле наклона рельса.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

1. $v_x(t) = v_{0x} + a_x t$ - проекция скорости на ox
2. $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ - координата x
3. $a_{rp} = \frac{\sum(Y_i \cdot Z_i)}{\sum(Z_i \cdot Z_i)}$ - ускорение
4. $\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - a(Z_i))^2}{N-1(\sum_{i=1}^N (Z_i)^2)}}$ - СКО ускорения
5. $\varepsilon_a = \Delta a / a \cdot 100\%$ - относительная погрешность ускорения
6. $\Delta_a = 2\sigma_a$
7. $\sin \alpha = \frac{h_0 - h - (h'_0 - h')}{x' - x}$ - синус угла наклона
8. $\bar{t}_1 = \frac{\sum_{i=1}^N t_{1i}}{N}$, где N – количество измерений в серии
9. $\Delta \bar{t}_{1cl} = K_S(\alpha_{дов}, N) \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t_{1i} - \bar{t}_1)^2}{N(N-1)}}$, где $K_S(\alpha_{дов}, N)$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности
10. $\Delta \bar{t}_1 = \sqrt{(\Delta \bar{t}_{1cl})^2 + (\Delta t_{1np})^2}$, где Δt_{1np} – приборная погрешность измерения t_1
11. $\langle a \rangle = \frac{2(x_2 - x_1)}{\langle t \rangle_2^2 - \langle t \rangle_1^2}$ - ускорение
12. $\Delta a = \langle a \rangle \cdot \sqrt{\frac{(\Delta x_{n2})^2 + (\Delta x_{n1})^2}{(x_2 - x_1)^2} + 4 \cdot \frac{(\langle t_1 \rangle \Delta t_1)^2 + (\langle t_2 \rangle \Delta t_2)^2}{(\langle t_2 \rangle^2 - \langle t_1 \rangle^2)^2}}$ - абсолютная погрешность ускорения

13.

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

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

14. -коэффициенты для уравнения $a=A+B*\sin(\alpha)$

15.

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

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

16. -СКО g; -коэффициент d для i-ой точки

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

17. -коэффициент D

6. Измерительные приборы.

Наименование	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	$\Delta_{\text{и}}$
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).

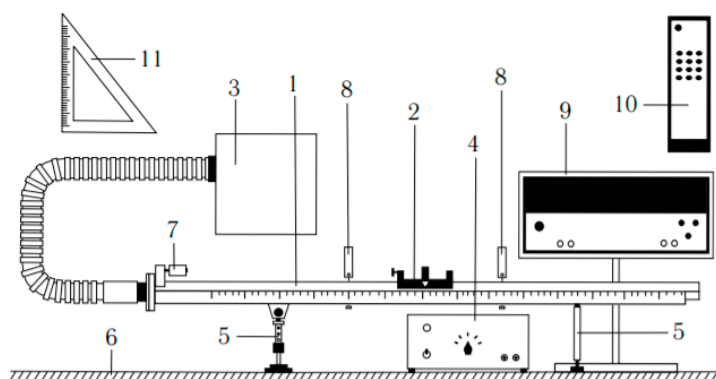


РИС. 2. Общий вид экспериментальной установки

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).

x, м	x', м	h ₀ , мм	h' ₀ , мм
0,22	1	205	205

№	x ₁ , м	x ₂ , м	t ₁ , с	t ₂ , с	y = x ₂ - x ₁	z = (t ₂ ² - t ₁ ²)/2, с ²
1	0,1	0,4	1,3	2,6	0,3	2,535 ± 0,35
2	0,1	0,5	1,3	3	0,4	3,655 ± 0,35
3	0,1	0,6	1,3	3,7	0,5	6 ± 0,35
4	0,1	0,7	1,3	4	0,6	7,155 ± 0,35
5	0,1	0,8	1,3	4,5	0,7	9,28 ± 0,35

$$\langle t_1 \rangle = 1,3 \text{ с}$$

$$\langle t_2 \rangle = 3,6 \text{ с}$$

$$\Delta_{x_2-x_1} = 0,006 \text{ м}$$

$$\Delta_{(t_{22} - t_{12})/2} = 0,35 \text{ с}^2$$

$$\varepsilon_{t_1} = 3,33\%$$

№	h ₁ , м	h', м	№	t ₁ , с	t ₂ , с
1	214	205	1	1,3	4,5
			2	1,3	4,5
			3	1,3	4,5
			4	1,3	4,5
			5	1,3	4,5
2	224	206	1	0,9	3,2
			2	0,9	3,2
			3	0,9	3,2
			4	0,9	3,2
			5	0,9	3,2
3	232	206	1	0,8	2,6
			2	0,8	2,6
			3	0,8	2,6
			4	0,7	2,5
			5	0,7	2,5
4	240	207	1	0,7	2,2
			2	0,7	2,2
			3	0,7	2,2
			4	0,7	2,2
			5	0,7	2,2
5	250	208	1	0,6	1,9
			2	0,6	2
			3	0,5	2
			4	0,5	2
			5	0,5	2

h₀_{факт}, h₀'_{факт}, h₁_{факт} и h₁'_{факт} – по ошибке расстояния не от верха, а от низа линейки до рельса, т.е. в формулах (h₀_{факт} -

h₀'_{факт}) = (h₀' - h₀). Аналогично с h₁ и h₁'

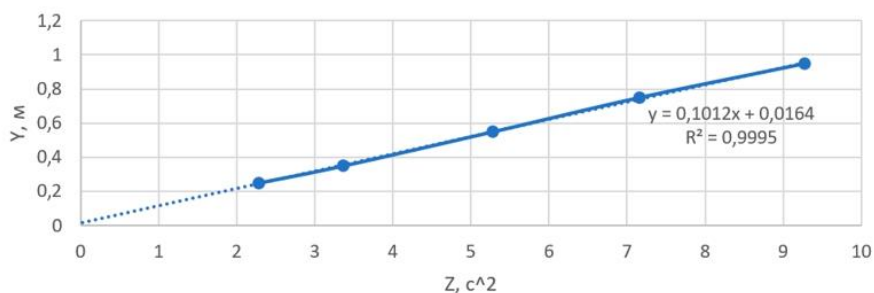
9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

Задание 1:

Y	Z	Y*Z, мс^2	$\sum Y * Z, \text{ мс}^2$	$z^2, \text{ с}^4$	a(мнк), м/с^2
0,3	2,535	0,7605	16,0115	6,426225	0,082919175
0,4	3,655	1,462		13,35903	
0,5	6	3		36	
0,6	7,155	4,293		51,19403	
0,7	9,28	6,496		86,1184	

Задание 2:

График зависимости $Y=Y(Z)$



Количество пластин	$\sin(\alpha)$	$\langle t1 \rangle \pm \Delta t_1$	$\langle t2 \rangle \pm \Delta t_2$	$\langle a \rangle \pm \Delta a$
1	0,011	1,3±0,01	4,5±0	0,084 + 0,005
2	0,023	0,9±0,07	3,2±0,09	0,165±0,014
3	0,033	0,76±0,007	2,56±0,01	0,261±0,024
4	0,042	0,7±0,02	2,2±0,014	0,349±0,04
5	0,053	0,54±0,01	1,98±0,016	0,435±0,07

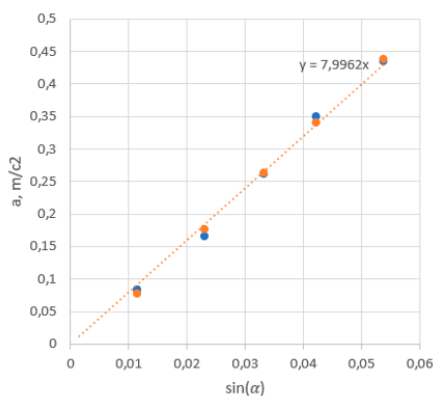
Коэффициенты А и В для уравнения $a=A+B*\sin \alpha$

$a_i * \sin(a)$	$\sum a_i * \sin(a)$	$\sin^2(\alpha)$	$\sum \sin(\alpha)$	$\sum \langle a \rangle$	$g(b)$
0,001	0,051	0,001	0,164	1,295	8,516
0,003		0,005			
0,009		0,001			
0,148		0,001			
0,023		0,002			

$$A = -0,02 \text{ м/с}^2$$

$$B = 8,52 \text{ м/с}^2$$

График $a=B*\sin(\alpha) + A$:



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

Задание 1:

$(Y_i - a(Z_i))^2, \text{ м}^2$
0,134
0,037
0,091
0,164
0,3

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - a(Z_i))^2}{N-1(\sum_{i=1}^N (Z_i)^2)}} = 0,036 \text{ м/с}^2$$

$$\sum (Y_i - a(Z_i))^2 = 0,606 \text{ м}^2$$

$$\Delta_a = 2\sigma_a = 0,072 \text{ м/с}^2$$

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta_a}{a} \cdot 100\% = 4,46\%$$

Задание 2:

$$\Delta_{t1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t1_i - \langle t \rangle)^2}{N(N-1)}} = 0 \text{ с}$$

$$\Delta_{t2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (t2_i - \langle t \rangle)^2}{N(N-1)}} = 0 \text{ с}$$

$$\Delta_{\text{ит}} (\text{ПКЦ-3}) = 0,1 \text{ с}$$

$$\Delta_{t1} = \sqrt{\Delta_{t1}^2 + \left(\frac{2}{3}\Delta_{\text{ит}}\right)^2} = 0,067 \text{ с}$$

$$\Delta_{t2} = \sqrt{\Delta_{t2}^2 + \left(\frac{2}{3}\Delta_{\text{ит}}\right)^2} = 0,067 \text{ с}$$

$$\Delta_{a1} = 0,0030 \text{ м/с}^2$$

СКО для g(B):

$$D = \sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2 = 0,001$$

$$\sigma_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{D(N-2)}} = 0,28 \text{ м/с}^2$$

$$\Delta_g = 2\sigma_g = 0,56 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Относительная погрешность: } \varepsilon_g = \frac{\Delta_g}{g} \cdot 100\% = 6,60\%$$

Сравнение g_{exp} с $g_{\text{табл}}$ и g_{exp} :

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

$$\Delta_{g(\text{фактич.})} = |g_{\text{табл}} - g_{\text{exp}}| = 1,3 \text{ м/с}^2$$

$$\Delta_g = 0,56 \text{ м/с}^2$$

$$\varepsilon_{g(\text{фактич.})} = 13,2\%$$

11. Окончательные результаты.

$$a = (16 \pm 7) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2; \varepsilon_a = 4,46\%; a = 0,90$$

$$g = (852 \pm 56) \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2; \varepsilon_g = 6,60\%; a = 0,95$$

$$\Delta_{g(\text{фактич.})} = 1,3 \text{ м/с}^2; \varepsilon_{g(\text{фактич.})} = 13,2\%;$$

12. Выводы и анализ результатов работы.

Задание 1:

Была проведена экспериментальная проверка равноускоренности движения тележки по наклонной плоскости и посчитаны погрешности значений времени и ускорения после чего я сделал вывод, что, учитывая показывающий линейную зависимость перемещения от квадрата времени полученный график, который показывает линейность зависимости ускорения от времени, а также достаточно низкую погрешность измерений, можно утверждать, что движение тележки по наклонной плоскости при фиксированном угле наклона действительно является равноускоренным.

Задание 2:

В результате измерений мы получили $g = 8.52$, что сильно отличается от табличного значения $g = 9.82$. Возможно, это происходит из-за систематической погрешности. Неточность оборудования, округления в вычислениях...