

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ



## Лабораторная работа по физике №2

Изучение скольжения тележки по наклонной плоскости

**Выполнили:**

Шпак Всеволод Васильевич  
Степанов Арсений Алексеевич  
Выдра Андрей Михайлович

**Группа:**

ФИЗ ПИиКТ БАЗ 3.4.1

**Преподаватель:**

Пулькин Николай Сергеевич

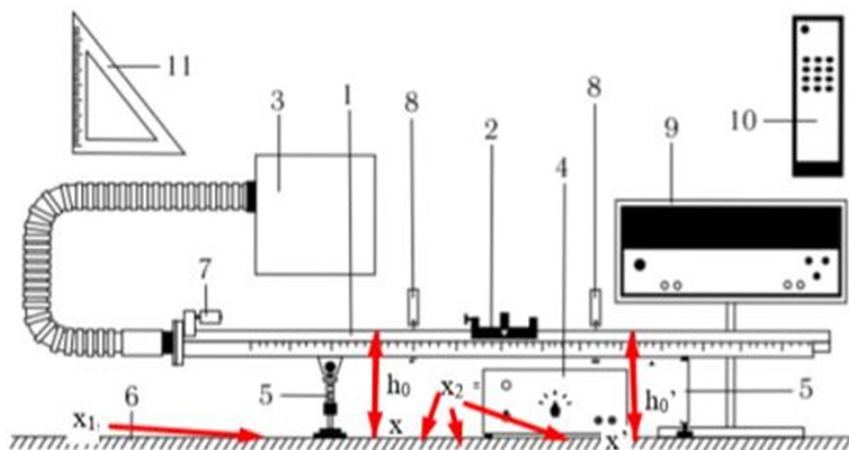
# 1 Цели работы

Экспериментальная проверка равноускоренности движения тележки по наклонной плоскости и определение величины ускорения свободного падения  $g$

## 1.1 Задачи, решаемые при выполнении работы

- Измерение времени движения тележки по рельсу с фиксированным углом наклона
- Измерение времени движения тележки по рельсу при разных углах наклона рельса к горизонту
- Исследование движения тележки при фиксированном угле наклона рельса. Проверка равноускоренности движения тележки
- Исследование зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса к горизонту. Определение ускорения свободного падения
- Обработка экспериментальных данных

## 2 Схема установки



1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне
2. Тележка
3. Воздушный насос
4. Источник питания насоса
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

## 2.1 Измерительные приборы

№	Наименование	Тип	Используемый диапазон	Погрешность
1	Линейка на рельсе	-	0 - 1.3 м	$\pm 5$ мм
2	Линейка на угольнике	-	0 - 25 см	$\pm 0.5$ мм
3	Секундомер (ПКЦ-3)	Электронный	0 - 100 с	$\pm 0.1$ с

## 3 Результаты прямых измерений

### 3.1 Данные рельса в горизонте

$x$ , мм	$x'$ , мм	$h$ , мм	$h'$ , мм
220	1000	202	204

### 3.2 Данные экспериментов

#### Серия экспериментов №1

№	$x_1$ , м	$x_2$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$x_2 - x_1$ , м	$(t_2^2 - t_1^2)/2$ , с <sup>2</sup>
1	0.15	0.40	1.50	2.80	0.25	2.795
2	0.15	0.50	1.60	3.30	0.35	4.165
3	0.15	0.70	1.50	3.80	0.55	6.095
4	0.15	0.90	1.60	4.40	0.75	8.4
5	0.15	1.10	1.70	4.90	0.95	10.56

#### Серия экспериментов №2.1

№	$h$ , м	$h'$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	210	204	1.6	4.9
2			1.5	4.8
3			1.6	4.8
4			1.4	4.7
5			1.5	4.7

#### Серия экспериментов №2.2

№	$h$ , м	$h'$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	220	204	1.0	3.3
2			1.0	3.2
3			1.0	3.3
4			1.0	3.3
5			1.0	3.2

#### Серия экспериментов №2.3

№	$h$ , м	$h'$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	230	204	0.8	2.7
2			0.8	2.6
3			0.8	2.6
4			0.8	2.6
5			0.8	2.6

## Серия экспериментов №2.4

№	$h$ , м	$h'$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	239	205	0.7	2.2
2			0.7	2.3
3			0.6	2.2
4			0.7	2.3
5			0.7	2.3

## Серия экспериментов №2.5

№	$h$ , м	$h'$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с
1	249	205	0.6	2.0
2			0.6	2.0
3			0.6	2.0
4			0.6	2.0
5			0.6	2.0

# 4 Результаты косвенных измерений

## 4.1 Используемые формулы

### 4.1.1 Выборочное значение

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

### 4.1.2 Среднеквадратичное отклонение среднего значения

$$\sigma_{\langle t \rangle} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (t_i - \langle t \rangle_N)^2}$$

### 4.1.3 Доверительный интервал случайной погрешности

$$\Delta_t = t_{\alpha n} \cdot \sigma_{\langle t \rangle} \quad \alpha = 0.95$$

### 4.1.4 Расчёт погрешности для ускорения

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

### 4.1.5 Расчёт ускорения

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N a_i \cdot \sin \alpha_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i}{\sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} (\sum_{i=1}^N \sin \alpha_i)^2}$$
$$A = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^N a_i - B \cdot \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)$$

## 4.2 Расчёт вспомогательных величин

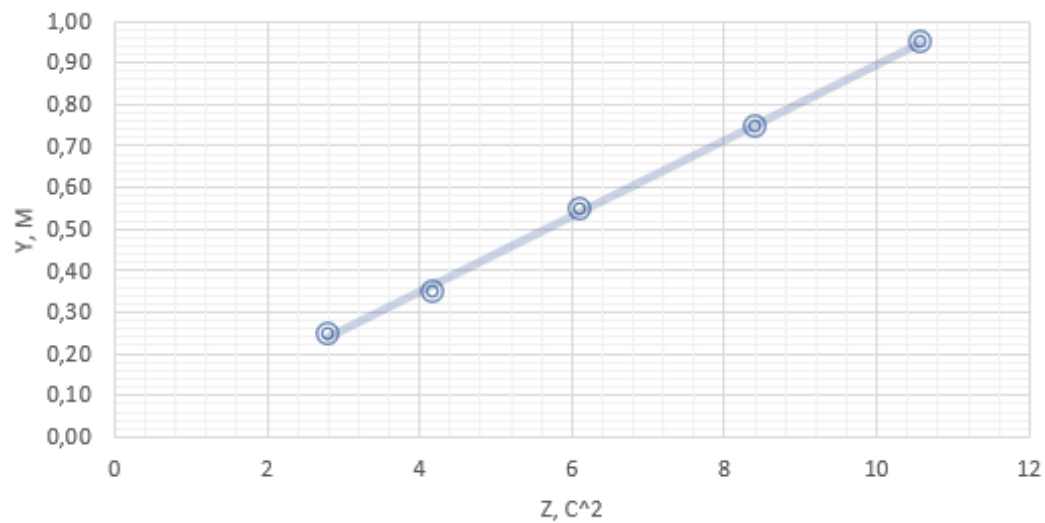
	серия 2.1	серия 2.2	серия 2.3	серия 2.4	серия 2.5
$\langle t_1 \rangle$	1.520	1.000	0.800	0.680	0.600
$\langle t_2 \rangle$	4.780	3.260	2.620	2.260	2.000
$\Delta t_1$	0.045	0.000	0.000	0.024	0.000
$\Delta t_1$	0.067	0.050	0.050	0.055	0.050
$\Delta t_2$	0.045	0.029	0.024	0.029	0.000
$\Delta t_2$	0.067	0.058	0.055	0.058	0.050
$\langle a \rangle$	0.093	0.197	0.305	0.409	0.522
$\Delta a$	0.003	0.008	0.015	0.024	0.030

## 4.3 Расчёт ускорения и погрешностей

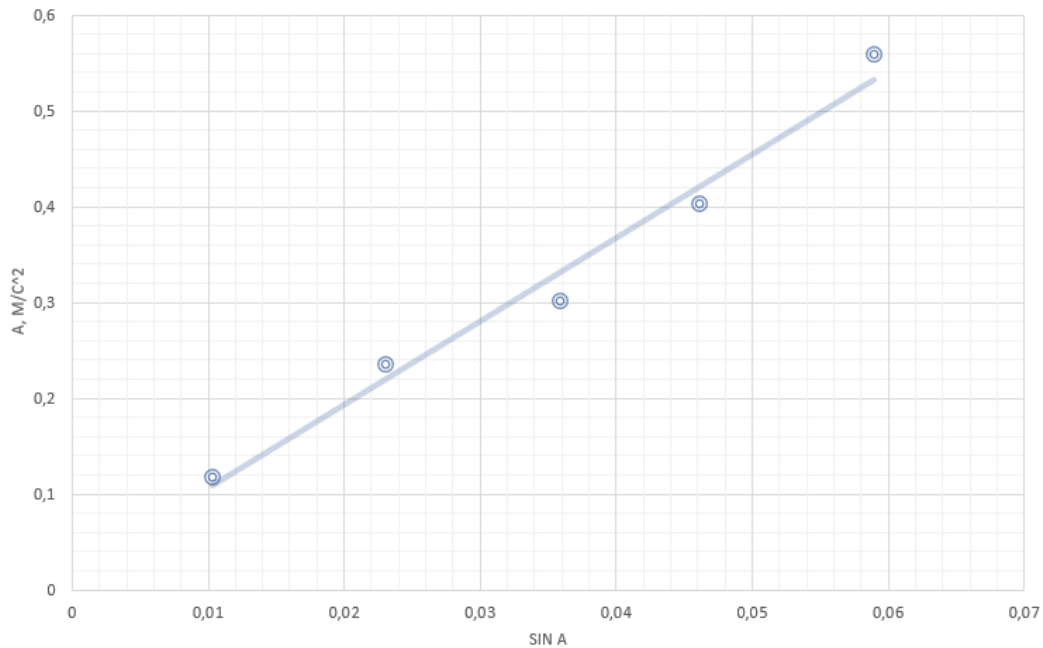
Кол-во пластин	$\sin \alpha$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$a, \text{м/с}^2$
1	0.010256410	$1.520 \pm 0.067$	$4.780 \pm 0.067$	$0.093 \pm 0.003$
2	0.023076923	$1.000 \pm 0.050$	$3.260 \pm 0.058$	$0.197 \pm 0.008$
3	0.035897436	$0.800 \pm 0.050$	$2.620 \pm 0.055$	$0.305 \pm 0.015$
4	0.046153846	$0.680 \pm 0.055$	$2.260 \pm 0.058$	$0.409 \pm 0.024$
5	0.058974359	$0.600 \pm 0.050$	$2.000 \pm 0.050$	$0.522 \pm 0.030$

## 5 Графики

### 5.1 Зависимость $Y = aZ$



## 5.2 Зависимость $a = A + B \cdot \sin \alpha$



## 6 Окончательные результаты

$$B = g = 8.873 \quad A = -0.004$$

$$\delta_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N d_i^2}{D(N-2)}} \quad d_i = a_i - (A + B \cdot \sin \alpha_i) \quad D = \sum_{i=1}^N \sin^2 \alpha_i - \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N \sin \alpha_i \right)^2$$

$$D = 0.001454 \quad \delta_g = 0.490 \quad \Delta g = 2 \cdot \delta_g = 0.98$$

$$\epsilon = \frac{\Delta g}{g} \cdot 100\% = 11\%$$

## 7 Выводы

В первой части задания была доказана линейная зависимость  $Y(Z) = a \cdot Z$ , где  $Y$  – перемещение тележки по рельсу, когда мы измеряли время, а  $Z$  – квадрат времени, за которое было произведено это перемещение. Следовательно, движение равноускоренное.

Во второй части работы, проанализировав скорость движения тележки и её ускорение мы смогли определить значение ускорения свободного падения:  $g = 8.873 \pm 0.98 \text{ м/с}^2$  с относительной погрешностью в 11%