

Университет ИТМО
Физико-технический мегафакультет
Физический факультет

Группа	R3215	К работе допущен	
Студент	Федоров Е.В.	Работа выполнена	<u>17.10.2023</u>
Преподаватель	Хвастунов Н.Н.	Отчет принят	<u></u>

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе
№1.02А
Движение на наклонной плоскости

1 Цель работы

1. Измерение модуля ускорения свободного падения.
2. Экспериментальная проверка эквивалентности гравитационной и инертной массы

2 Задачи

1. Измерение времени движения тележки по рельсу при разных углах наклона рельса к горизонту.
2. Исследование зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса к горизонту. Определение ускорения свободного падения.

3 Объект исследования

Объект исследования - ускорение гравитационного падения.

4 Метод экспериментального исследования

Многократное прямое измерение ускорения тележки при прохождении определенного расстояния под определенным углом к горизонту.

5 Рабочие формулы и исходные данные

1. $\sin \alpha = \frac{(h'_0 - h') - (h_0 - h)}{x' - x}$ — синус угла наклона тележки к горизонту

2. $\langle a \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N a_i}{N}$ — среднее значение ускорения

3. $\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_i - \langle a \rangle)^2}{N - 1}}$ — стандартное отклонение отдельного измерения

4. $\Delta a = \frac{\alpha_{0.95, N} \cdot \sigma}{\sqrt{N}}$ — погрешность измерений

5. $B = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \sin(\alpha)_j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_j \sum_{j=1}^n \sin(\alpha)_j}{\sum_{j=1}^n \sin^2(\alpha)_j - \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^n \sin(\alpha)_j)^2}$ $A = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n a_j - B \sum_{j=1}^n \sin(\alpha)_j \right)$ — коэффициенты линейной зависимости по методу наименьших квадратов

6. $\sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{D(n - 2)}}$ — стандартное отклонение для коэффициента B , где $d_j = a_j - (A + B \sin(\alpha)_j)$, $D = \sum_{j=1}^n \sin^2(\alpha)_j - \frac{1}{n} (\sum_{j=1}^n \sin(\alpha)_j)^2$

7. $\Delta B = 2\sigma_B$, $\varepsilon_B = \frac{\Delta B}{B} \cdot 100\%$ — абсолютная и относительная погрешность для доверительной вероятности 0.9.

6 Измерительные приборы

№п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность
1	Угольник	Аналоговый	0-20 см	0.1 см
2	Программа SPARKVUE	Цифровой	0.01 – 0.03 м/с ²	0.0001 м/с ²

Таблица 1: Измерительные приборы

7 Схема установки



Рис. 1: Схема установки

8 Результаты прямых измерений и их обработки

1	2	3	4	5	6	7	8	9
n_p	h , м	h' , м	$\sin \alpha$	i	a_i , м/с ²	$\langle a \rangle \pm \Delta a$, м/с ²	a_i , м/с ²	$\langle a \rangle \pm \Delta a$, м/с ²
1	0.095	0.092	0.003	1	0.0175	0.017160 ± 0.000828	0.0182	0.019240 ± 0.000948
				2	0.0159		0.0191	
				3	0.0165		0.0187	
				4	0.0181		0.0210	
				5	0.0178		0.0192	
3	0.11	0.097	0.013	1	0.099	0.101600 ± 0.002871	0.103	0.104400 ± 0.001356
				2	0.1		0.103	
				3	0.102		0.104	
				4	0.107		0.106	
				5	0.1		0.106	
4	0.117	0.1	0.017	1	0.144	0.144000 ± 0.001673	0.148	0.148200 ± 0.001600
				2	0.146		0.146	
				3	0.144		0.148	
				4	0.145		0.151	
				5	0.141		0.148	
5	0.123	0.1	0.023	1	0.183	0.181400 ± 0.001855	0.182	0.186400 ± 0.003382
				2	0.181		0.185	
				3	0.178		0.192	
				4	0.182		0.185	
				5	0.183		0.188	
6	0.13	0.104	0.026	1	0.226	0.225000 ± 0.004733	0.227	0.226400 ± 0.003878
				2	0.226		0.231	
				3	0.230		0.230	
				4	0.227		0.221	
				5	0.216		0.223	
7	0.137	0.107	0.03	1	0.263	0.263400 ± 0.001020	0.265	0.267600 ± 0.009457
				2	0.262		0.263	
				3	0.265		0.265	
				4	0.263		0.286	
				5	0.264		0.259	

- $h_0 = 0.09$ м – высота точки не наклонённого рельса с координатой $x = 0.7$ м;
- $h'_0 = 0.09$ м – высота точки не наклонённого рельса с координатой $x = 1.7$ м;

Примеры расчетов:

- $\langle a \rangle$ для $n_p = 1$: $\langle a \rangle = \frac{0.0858}{5} = 0.01716$;
- Погрешность Δa для $n_p = 3$: $\Delta a = \frac{\sigma \cdot \alpha_{0.95,5}}{\sqrt{4}} = \frac{0.00287 \cdot 2.77644}{2} = 0.00398$

9 Расчет результатов косвенных измерений

- Коэффициент $B = \frac{0.021 - 1/6 \cdot 0.93 \cdot 0.112}{0.0025 - 0.002} = 9.00975$;
- Коэффициент $A = -0.01275$
- Стандартное отклонение σ_B для коэффициента B : $\sigma_B = 0.3576$;
- $\Delta B = 2\sigma_B = 0.7153$, $\varepsilon_B = \frac{\Delta B}{B} \cdot 100\% = 7.94\%$;

10 Расчет погрешности измерений

- $\Delta B = 2\sigma_B = 0.7153$, $\varepsilon_B = \frac{\Delta B}{B} \cdot 100\% = 7.94\%$;

11 Графики

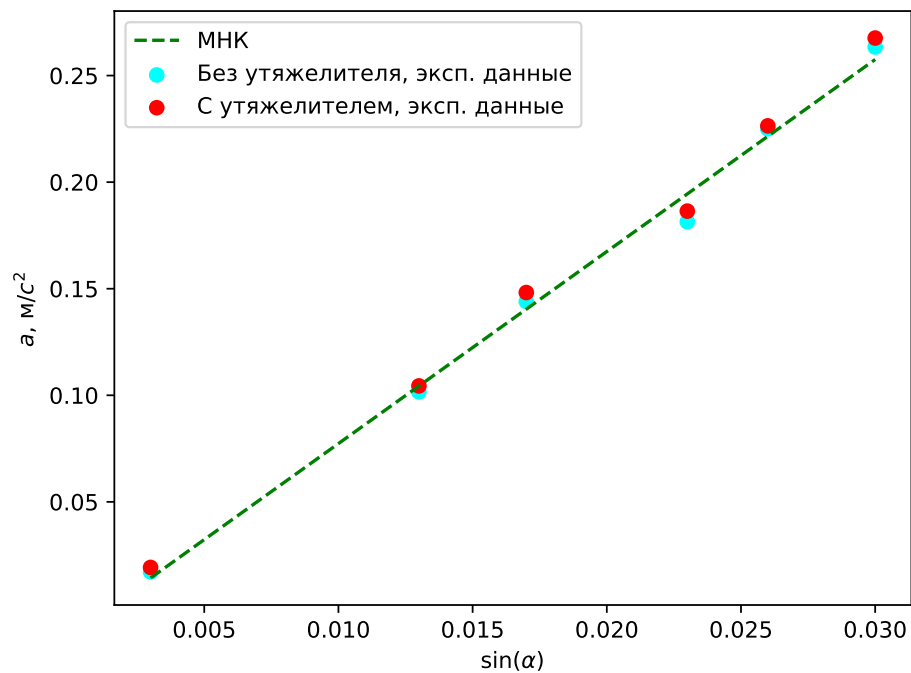


Рис. 2: График зависимости $a = f(\sin(\alpha))$

12 Окончательные результаты

1. График зависимости $a = f(\sin(\alpha))$ показан на Рис. 2.
2. Значение коэффициента $B = 9.00975$, $\Delta B = 0.7153$, $\varepsilon_B = 7.94\%$
3. Абсолютное отклонение измеренного значения модуля ускорения свободного падения от его табличного значения на широте Санкт-Петербурга: $|g_{\text{экс.}} - g_{\text{табл.}}| = |9.00975 - 9.8195| = 0.80974$

13 Вывод и анализ результатов работы

При выполнении данной лабораторной работы было экспериментально вычислено ускорение свободного падения на широте города Санкт-Петербург. При этом достаточно малая разность абсолютной погрешности $\Delta B \approx 0.71$ и абсолютного отклонения полученных результатов (≈ 0.8) позволяет сделать вывод о достоверности результатов.