

Группа Р3224 К работе допущен \_\_\_\_\_

Студенты Кобик Никита, Маликов Глеб Работа выполнена \_\_\_\_\_

Преподаватель Иванов Виктор Юрьевич Отчет принят \_\_\_\_\_

## Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.02А

Изучение движения тел под воздействием силы тяжести.

### 1. Цель работы.

Измерение модуля ускорения свободного падения.

Экспериментальная проверка эквивалентности гравитационной и инертной массы.

### 2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

Нахождение ускорения свободного падения с помощью МНК. Расчет соответствующих погрешностей величин.

### 3. Объект исследования.

Движение тележки по наклонному рельсу с утяжелителем и без.

### 4. Метод экспериментального исследования.

Замер таких величин как: ускорение тележки, высота подъема ножек рельсы.

### 5. Рабочие формулы и исходные данные.

$n_{пл.}$  – количество пластин;

$h$  – высота точки рельса с координатой  $x = 0.7$  м;

$h'$  – высота точки рельса с координатой  $x = 1.7$  м;

$i$  – номер измерения.

$a_i, a$  – полученные значения ускорения тележки,  $\sin \alpha$  – синус угла наклона рельса к горизонту

$g_{\text{эксп}}$  – экспериментальное значение ускорения свободного падения,  $g_{\text{табл}}$  – табличное значение ускорения свободного падения для Санкт-Петербурга

$$a = A + B \sin(\alpha),$$

где  $A = -\frac{m_{\Gamma}}{m_{\Pi}} \frac{f}{R} g$ , а  $B = g$  в случае если инертная и гравита-

ционные массы эквивалентны, в противном случае  $B = \frac{m_{\Gamma}}{m_{\Pi}} g$ .

$$B = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \sin(\alpha)_j - \frac{1}{n} \sum_{i=j}^n a_j \sum_{i=1}^n \sin(\alpha)_j}{\sum_{j=1}^n \sin^2(\alpha)_j - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=j}^n \sin(\alpha)_j \right)^2}, \quad A = \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^n a_j - B \sum_{j=1}^n \sin(\alpha)_j \right)$$

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_i - \langle a \rangle)^2}{N-1}}; \Delta a = \frac{\alpha_{0.95, N} \sigma}{\sqrt{N}} \quad \sigma_B = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{D(n-2)}}$$

$$d_j = a_j - (A + B \sin(\alpha)_j)$$

$$D = \sum_{j=1}^n \sin^2(\alpha)_j - \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^n \sin(\alpha)_j \right)^2$$

## 6. Измерительные приборы.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Угольник	Аналоговый	-	0,5 мм
2	ПО «SPARKvue»	Цифровой	-	

## 7. Схема установки.



Рис. 1 Общий вид экспериментальной установки

В комплект входят:

1. алюминиевый рельс на регулируемых ножках, оборудованный сантиметровой шкалой с ценой деления 1 мм.;
2. две тележки – красная и синяя, снабжённые пусковым пружинным механизмом (для данной работы не используется) и встроенным bluetooth датчиком (включается нажатием кнопки расположенной на тележке);
3. утяжелитель – деревянный брусок;
4. угольник для измерения высоты с ценой деления 1 мм;
5. штатив;
6. компьютер с установленным программным обеспечением «SPARKvue».

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

Таблица №2 Измерение зависимости ускорения от синуса угла наклона

1	2	3	4	5	6	7	8	9
нпл	h, м	h', м	sin $\alpha$	i	a <sub>i</sub> , м/с <sup>2</sup>	a, м/с <sup>2</sup>	a <sub>i</sub> , м/с <sup>2</sup>	a, м/с <sup>2</sup>
2	12,100	10,400	1,7	1	0,160	0,0000230	0,172	0,0000518
				2	0,162	0,0000078	0,175	0,0001040
				3	0,169	0,0000176	0,177	0,0001488
				4	0,168	0,0000102	0,171	0,0000384
				5	0,165	0,0000000	0,173	0,0000672
3	12,400	10,500	1,9	1	0,196	0,0000000	0,204	0,0000048
				2	0,202	0,0000336	0,203	0,0000102
				3	0,195	0,0000014	0,207	0,0000006
				4	0,195	0,0000014	0,211	0,0000230
				5	0,193	0,0000102	0,206	0,0000000
4	13,100	10,800	2,3	1	0,239	0,0000436	0,252	0,0000002
				2	0,244	0,0000026	0,251	0,0000020
				3	0,249	0,0000116	0,253	0,0000004
				4	0,253	0,0000548	0,251	0,0000020
				5	0,243	0,0000068	0,255	0,0000068
5	13,800	11,100	2,7	1	0,278	0,0000006	0,300	0,0000090
				2	0,274	0,0000102	0,289	0,0000640
				3	0,270	0,0000518	0,291	0,0000360
				4	0,284	0,0000462	0,300	0,0000090
				5	0,280	0,0000078	0,305	0,0000640
6	14,900	11,300	3,6	1	0,343	0,0000292	0,361	0,0000000
				2	0,346	0,0000058	0,366	0,0000230
				3	0,350	0,0000026	0,358	0,0000102
				4	0,352	0,0000130	0,359	0,0000048
				5	0,351	0,0000068	0,362	0,0000006

$h_0 =$  м - высота точки не наклонённого рельса с координатой  $x = 0.7$  м;

$h_0' =$  м - высота точки не наклонённого рельса с координатой  $x = 1.7$  м;

## 9. Графики.

График 1. Зависимость ускорения,  $a$  от  $\sin(\alpha)$  для тележки без утяжелителя.

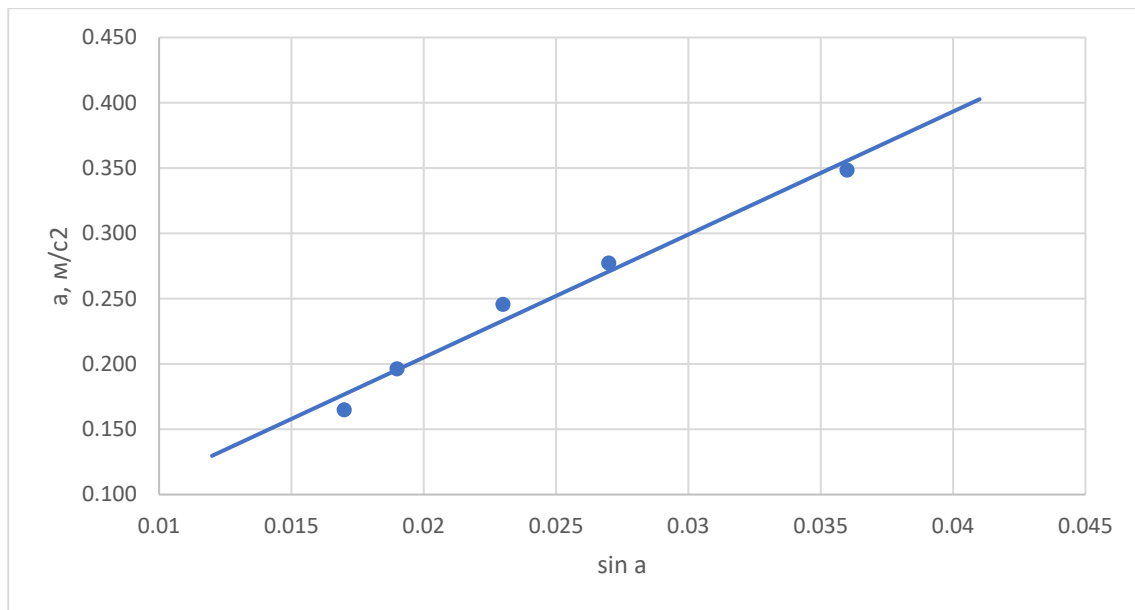
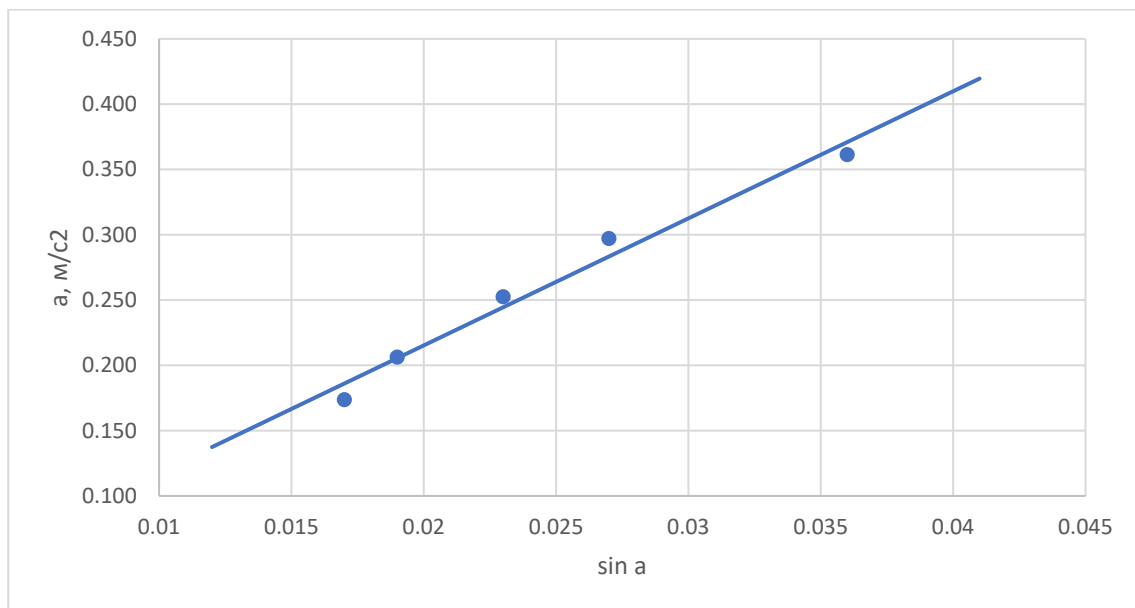


График 2. Зависимость ускорения,  $a$  от  $\sin(\alpha)$  для тележки с утяжелителем.



## 10. Окончательные результаты.

$$g_{\text{эксп}} = 9,416021127 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \pm 0,754475772 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\varepsilon_g = 16,03\%$$

Сравним экспериментальное значение ускорения свободного падения  $g_{\text{эксп}}$  с его табличным значением  $g_{\text{табл}}$  для Санкт-Петербурга и найдем по формуле их разность

$$g_{\text{эксп}} = 9,416021127 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$g_{\text{табл}} = 9,8195 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$|g_{\text{эксп}} - g_{\text{табл}}| = 0,403478873 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

## 11. Выводы и анализ результатов работы.

В результате проведенного эксперимента по измерению ускорения свободного падения было установлено, что экспериментальное значение ( $9,416 \text{ м/с}^2$ ) с относительной погрешностью  $16,03\%$  не совпадает с табличным значением для Санкт-Петербурга ( $9,8195 \text{ м/с}^2$ ) с разницей  $0,4035 \text{ м/с}^2$ . Различные факторы могут оказывать влияние на полученные результаты, включая систематические ошибки, внешние воздействия и недостатки методики.

Для повышения точности эксперимента необходимо уделить особое внимание уменьшению систематических ошибок, таких как несовершенства в используемом оборудовании и методах измерения. Тщательная калибровка оборудования и повышение точности измерений могут существенно улучшить достоверность результатов. Повторное проведение эксперимента несколько раз с последующим усреднением значений также может способствовать повышению достоверности и точности полученных данных. Все эти улучшения будут способствовать более точному определению ускорения свободного падения и более точному соответствию экспериментальных результатов теоретическим значениям.