

Группа Р3207

К работе допущен _____

Студент Батманов Даниил Е.

Работа выполнена _____

Преподаватель Коробков Максим П.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1.02А

Исследование движения тел под воздействием силы тяжести

1. Цель работы.

Измерить модуль ускорения свободного падения. Провести экспериментальную проверку эквивалентности гравитационной и инертной массы, путём сравнения абсолютной погрешности ΔB с модулем разности $g_{\text{эксп.}}$ и $g_{\text{таб.}}$.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

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

3. Объект исследования.

Алюминиевый рельс на регулируемых ножках, две тележки со спускным механизмом, которые движутся по рельсу с различным углом наклона и утяжелителем.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократное прямое измерение времени и скорости скатывания тележки, многократное косвенное измерение ускорения скатывания тележки.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$\sin \alpha = \frac{(h_0 - \bar{h}) - (h_0 - h)}{\bar{x} - x}$ – формула для вычисления синуса угла α ;

$\langle a \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N a_i}{N}$ – среднее значение ускорения;

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

$\Delta a = \frac{a_{0,95,N}\sigma}{\sqrt{N}}$ – погрешность Δa ;

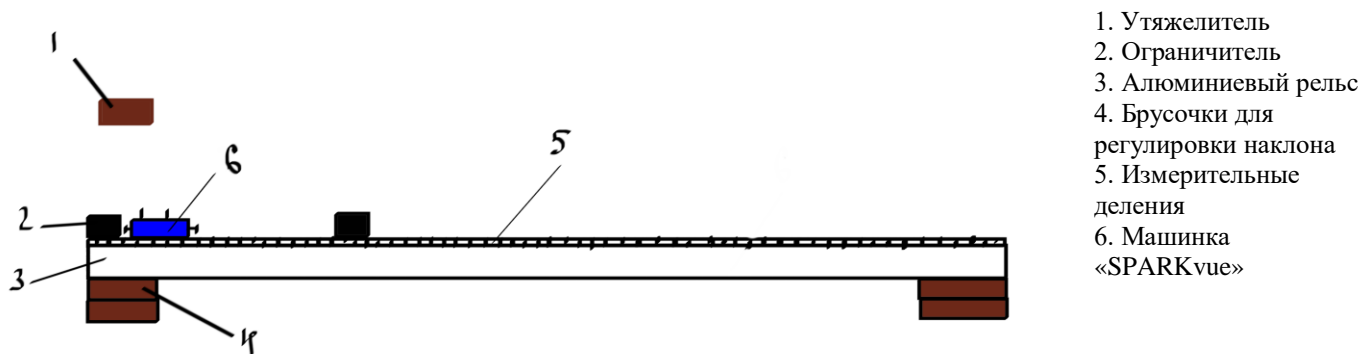
$\Delta B = 2\sigma_B$ – абсолютная ΔB .

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Угольник	Аналоговый	1000 мм	0,5 мм
2	ПО «SPARKvue»	Цифровой		

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

Рисунок 1 – Схема установки



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

Таблица 1. Измерение зависимости ускорения от синуса угла наклона –

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1R5gLIU7sR7rGbZAZlkW9_op3iXYoLwj8qbR1Q344JyQ/edit?usp=sharing

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

$$\sin a = \text{ОКРУГЛ}(((\text{СЛ}5 - \text{С}3) - (\text{СЛ}4 - \text{В}3)) / (\text{СЛ}3 - \text{СЛ}2); 4) = 0,0014 \text{ рад}$$

$$\langle a \rangle = \text{СРЗНАЧ}(\text{С}31:\text{С}35) = 0,0472 \text{ м/с}^2$$

$$m_{\Gamma} = ((\text{D}31 * \text{K}9 + \text{D}36 * \text{K}10 + \text{D}41 * \text{K}11 + \text{D}46 * \text{K}12 + \text{D}51 * \text{K}13) - 0,2 * (\text{D}31 + \text{D}36 + \text{D}41 + \text{D}46 + \text{D}51) * \text{K}15) = 0,0018129244 \text{ кг}$$

$$m_{\Pi} = \text{L}15 - 0,2 * (\text{K}15 * \text{K}15) = 0,000174428 \text{ кг}$$

$$B = \text{P}9 / \text{P}10 = 10,39354003$$

$$A = 0,2 * (\text{D}31 + \text{D}36 + \text{D}41 + \text{D}46 + \text{D}51 - \text{P}11 * \text{K}15) = 0,03333079093$$

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

$$\sigma_a = \text{КОРЕНЬ}(\text{СУММ}(\text{E}31:\text{E}35) / 4) = 0,0094124917$$

$$\Delta a = (2,78 * \text{F}31) / \text{КОРЕНЬ}(5) = 0,01170211603 \text{ м/с}^2$$

$$\sigma_B = \text{КОРЕНЬ}(((\text{P}15 * \text{P}15 + \text{P}16 * \text{P}16 + \text{P}17 * \text{P}17 + \text{P}18 * \text{P}18 + \text{P}19 * \text{P}19) / (\text{P}13 * (5 - 2)))) = 0,5440242859$$

$$\Delta B = 2 * \text{P}14 = 1,088048572 \text{ м/с}^2$$

$$\varepsilon_B = \text{P}20 / \text{P}11 \text{ (процентный режим отображения)} = 10,47\%$$

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

График 1. График зависимости $a = f(\sin(a))$ для тележки без утяжелителя –

<https://www.desmos.com/calculator/f6snbvamsd?lang=ru>

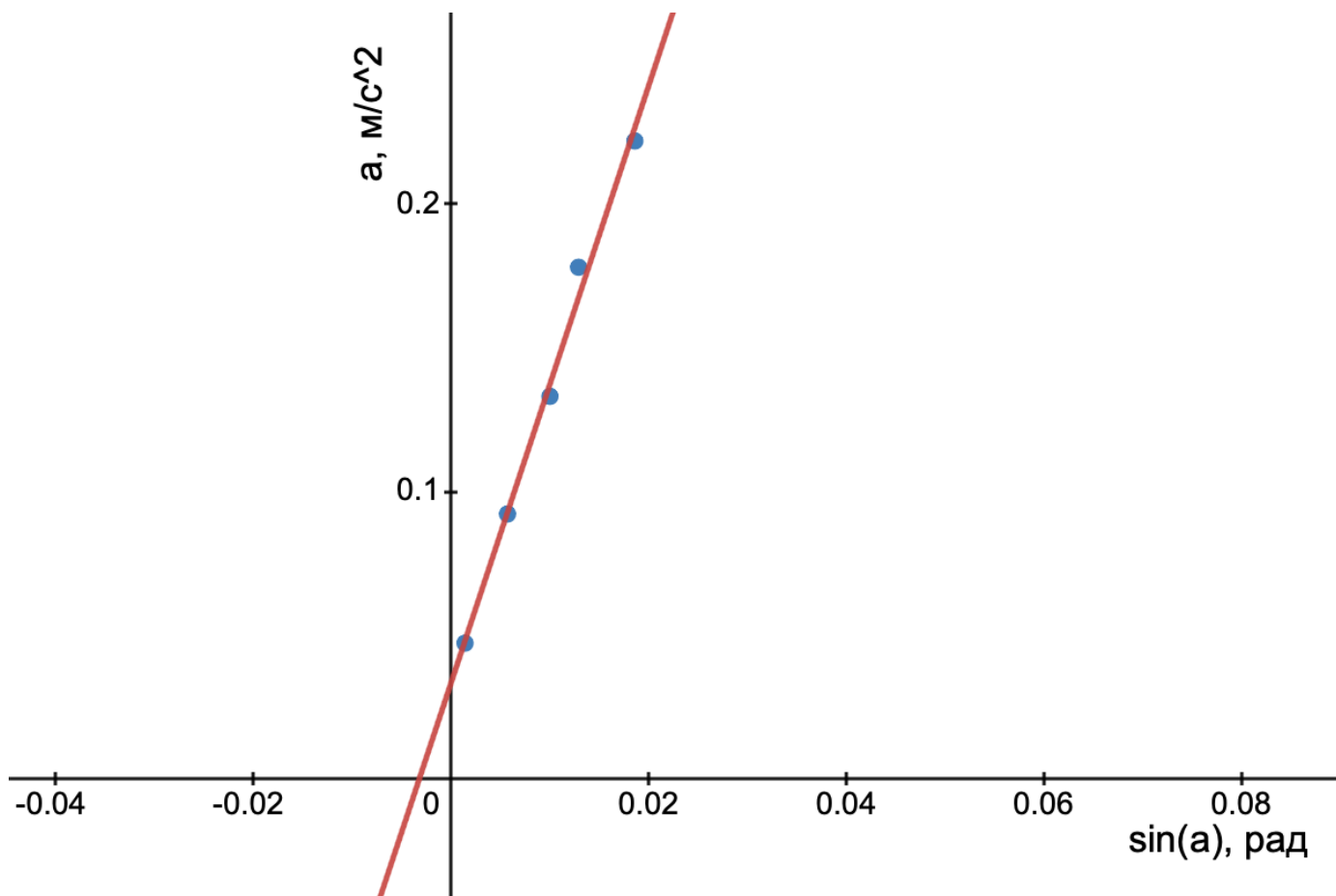
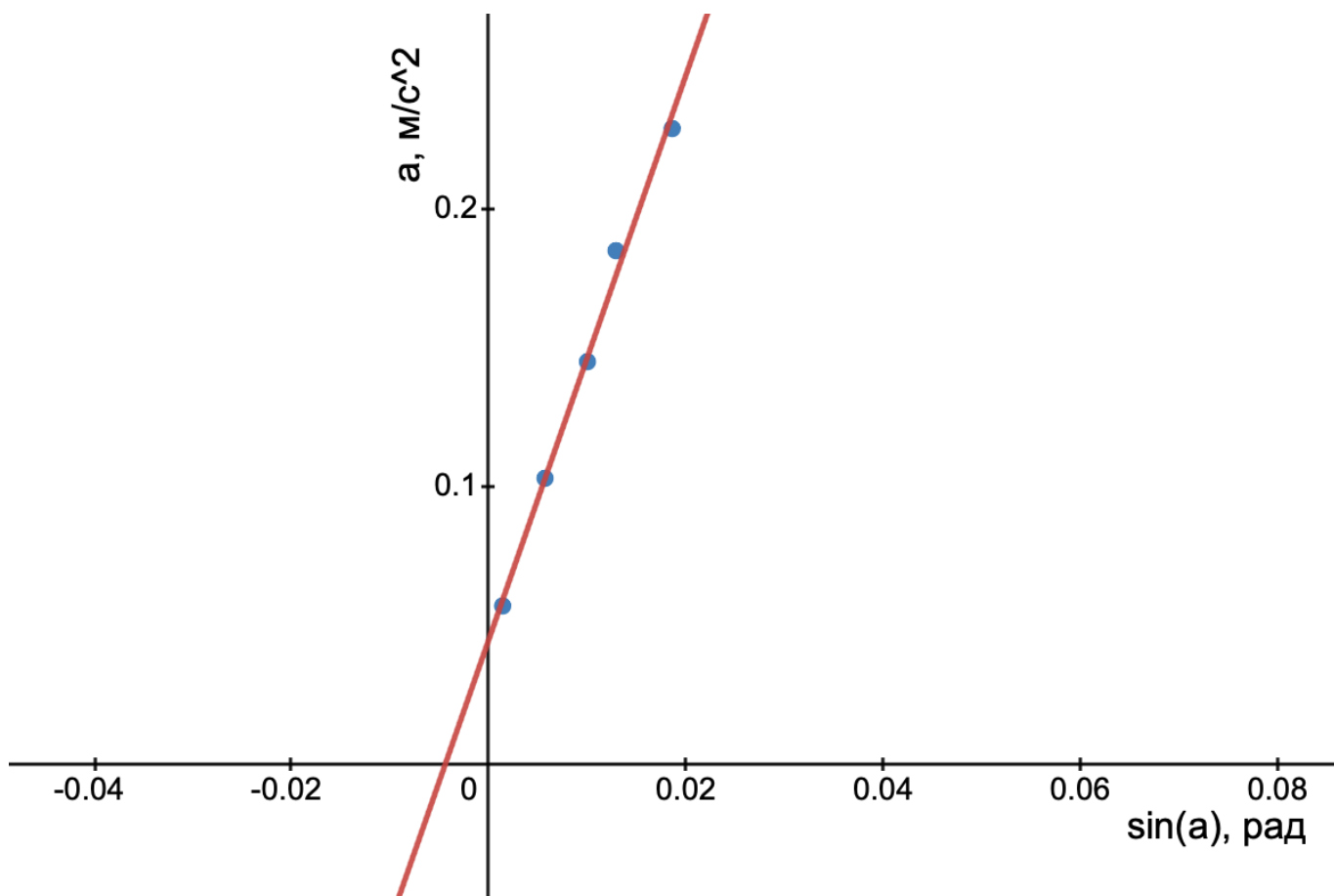


График 2. График зависимости $a = f(\sin(a))$ для тележки с утяжелителем – <https://www.desmos.com/calculator/2sbchlbid1?lang=ru>



12. Окончательные результаты.

$$\begin{aligned}
A &= 0,03333079093 \\
B &= 10,39354003 \\
\sigma_B &= 0,5440242859 \\
\Delta B &= 1,088048572 \text{ м/с}^2 \\
\varepsilon_B &= 10,47\% \\
|g_{\text{эксп}} - g_{\text{таб}}| &= |10,3935 - 9,8195| = 0,574 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{1,1} &= 0,01170211603 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{1,2} &= 0,008818955752 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{1,3} &= 0,01213048787 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{1,4} &= 0,006400040625 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{1,5} &= 0,005347436769 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{2,1} &= 0,003639995736 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{2,2} &= 0,004816385101 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{2,3} &= 0,004847095625 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{2,4} &= 0,007833485559 \text{ м/с}^2 \\
\Delta a_{2,5} &= 0,006843544696 \text{ м/с}^2
\end{aligned}$$

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе выполнения лабораторной работы удалось выяснить, что масса тележки практически не влияет на силу трения, большее влияние имеет ускорение свободного падения. Сравнивая абсолютную погрешность $\Delta B = 1,088048572 \text{ м/с}^2$ с величиной $|g_{\text{эксп}} - g_{\text{таб}}| = |10,3935 - 9,8195| = 0,574 \text{ м/с}^2$, можно считать результаты проведённых измерений достаточно точными относительно небольшой выборки. Также, при выполнении работы были построены графики зависимости $a = f(\sin(\alpha))$ для тележки без утяжелителя и с утяжелителем, были найдены доверительные интервалы Δa .