|  |  |
| --- | --- |
| Группа R3141 | К работе допущен |
| Студент Овчинников Павел Алексеевич | Работа выполнена |
| Преподаватель К.К. Боярский | Отчет принят |

**Рабочий протокол и отчет по  
лабораторной работе №1.02**

**Изучение скольжения тележки по  
наклонной плоскости**

**Цель работы**:

1. Экспериментальная проверка равноускоренности движения

тележки по наклонной плоскости.

2. Определение величины ускорения свободного падения 𝑔.

**Задачи**:

1. Измерение времени движения тележки по рельсу с фиксированным углом наклона.

2. Измерение времени движения тележки по рельсу при разных углах наклона рельса к горизонту.

3. Исследование движения тележки при фиксированном угле наклона рельса. Проверка равноускоренности движения тележки.

4. Исследование зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса к горизонту. Определение ускорения свободного падения.

**Объект исследования**: тележка, скользящая по наклонной плоскости.

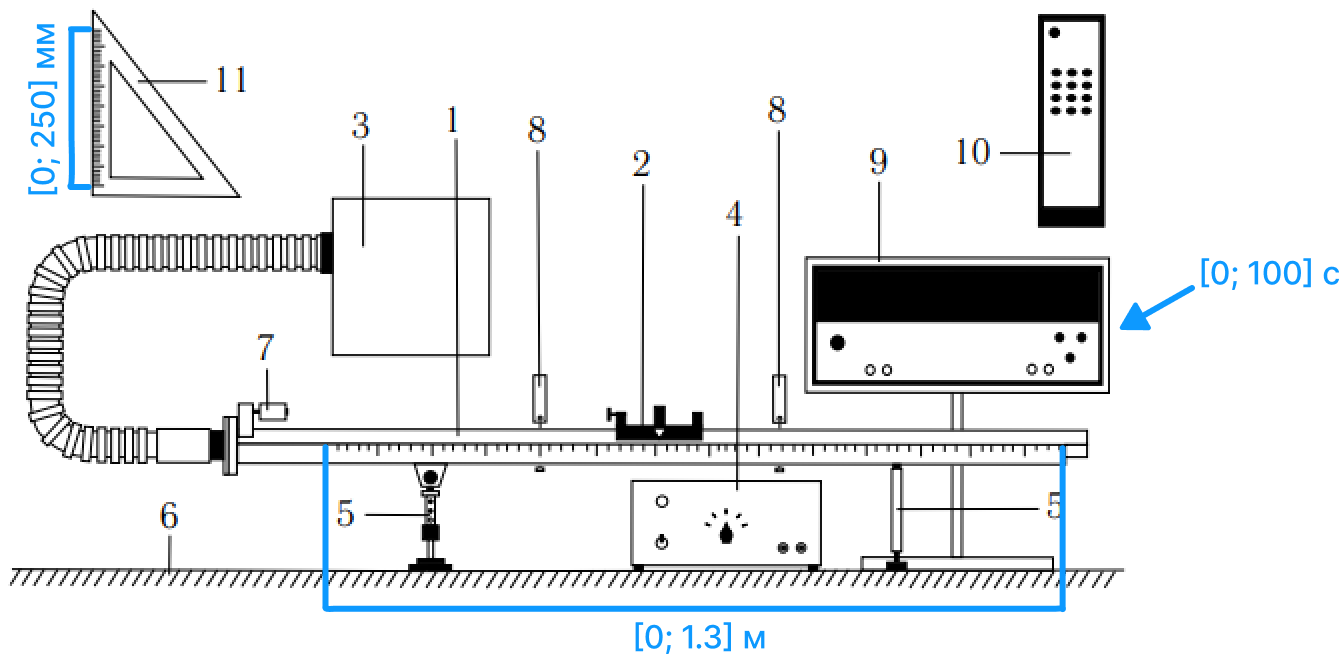
**Метод экспериментального исследования**: измерение времени прохождения тележкой оптических ворот с начала пути под разным углом.

**Исходные данные**:

α = 0.90 — доверительная вероятность.

**Измерительные приборы**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | *Линейка на рельсе* | *Измерительный* | *0-1.3 м* | *5 мм* |
| *2* | *Линейка на угольнике* | *Измерительный* | *0-250 мм* | *0.5 мм* |
| *3* | *ПКЦ-3 в режиме секундомера* | *Измерительный* | *0-100 с* | *0.1 с* |

**Схема установки** (*перечень схем, которые составляют Приложение 1*):

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

**Результаты прямых измерений и их обработки**

Измерения, проведённые во время выполнения лабораторной работы, запишем в первую и вторую таблицы. В первой таблице приведём результаты измерения первоначального положения рельса. Здесь:

— координата верхнего края линейки при измерении высоты рельса в точке 0.22 м

— координата верхнего края линейки при измерении высоты рельса в точке 1 м

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| , м | , м | , мм | , мм |
| 0.22 ± 0.005 | 1 ± 0.005 | 215 ± 0.5 | 215 ± 0.5 |

Таблица 1

Во второй таблице приведём результаты пяти измерений, где укажем координаты и первых и вторых оптических ворот соответственно и время прохождения и от начала движения тележки до её прохождения через каждые ворота из них соответственно. Также рассчитаем расстояние между оптическими воротами и полуразность квадратов значений времени прохождения , которые нам понадобятся в дальнейшем.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Измеренные величины | | | | Рассчитанные величины | |
| , м | , м | , с | , с | , м | , с² |
| 1 | 0.15 | 0.40 | 1.70 | 3.20 | 0.25 | 3.675 |
| 2 | 0.15 | 0.50 | 1.10 | 3.00 | 0.35 | 3.895 |
| 3 | 0.15 | 0.70 | 1.80 | 4.20 | 0.55 | 7.200 |
| 4 | 0.15 | 0.90 | 1.40 | 4.30 | 0.75 | 8.265 |
| 5 | 0.15 | 1.10 | 1.10 | 4.40 | 0.95 | 9.075 |

Таблица 2

Пары и отображаем на графике 1, расположенном в разделе графиков ниже в отчёте.

Количество измерений N равно 5. Найдём общее ускорение тележки или коэффициент пропорциональности времени и расстояния , используя следующую формулу:

Рассчитаем среднеквадратическое отклонение для ускорения (СКО), так же используя формулу:

Далее отобразим данные, необходимые для задания №2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | , мм | , мм | № | , с | , с |
| 1 | 225 | 216 | 1 | 1.1 | 4.7 |
| 2 | 1.1 | 4.6 |
| 3 | 1.7 | 5.1 |
| 4 | 3.2 | 6.7 |
| 5 | 0.8 | 4.3 |
| 2 | 235 | 217 | 1 | 0.7 | 3.1 |
| 2 | 0.6 | 2.9 |
| 3 | 0.6 | 2.9 |
| 4 | 0.6 | 3.0 |
| 5 | 0.6 | 3.0 |
| 3 | 245 | 218 | 1 | 0.5 | 2.4 |
| 2 | 0.5 | 2.4 |
| 3 | 0.5 | 2.4 |
| 4 | 0.5 | 2.4 |
| 5 | 0.6 | 2.5 |
| 4 | 256 | 219 | 1 | 0.4 | 2.1 |
| 2 | 0.7 | 2.3 |
| 3 | 0.5 | 2.2 |
| 4 | 0.5 | 2.2 |
| 5 | 0.5 | 2.1 |
| 5 | 266 | 219 | 1 | 0.5 | 2.0 |
| 2 | 0.4 | 1.9 |
| 3 | 0.4 | 1.9 |
| 4 | 0.5 | 2.0 |
| 5 | 0.5 | 2.0 |

Таблица 3

В таблице указаны следующие обозначения:

— количество пластин толщиной 1 см

— высота на координате 0.22 м

— высота на координате 1 м

и — время, прошедшее с начала движения тележки до моментов прохождения обоих ворот.

**Расчет результатов косвенных измерений**

Дальше вычислим дополнительные значения, необходимые для вычисления ускорения свободного падения.

— количество пластин толщиной 1 см

и — абсолютные погрешности для и

и — значения времени в виде доверительного интервала

— среднее ускорение по всей серии замеров

и — приборные погрешности измерений для и

— погрешность измерений ускорения

— значение ускорения в виде доверительного интервала

— синус угла наклона рельса к горизонту

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , |
| 1 | 0.012 | 1.580±0.266 | 5.080±0.259 | 0.082±0.010 |
| 2 | 0.023 | 0.620±0.067 | 2.980±0.067 | 0.224±0.011 |
| 3 | 0.036 | 0.520±0.067 | 2.420±0.067 | 0.340±0.020 |
| 4 | 0.049 | 0.520±0.067 | 2.180±0.067 | 0.424±0.028 |
| 5 | 0.060 | 0.460±0.067 | 1.960±0.067 | 0.523±0.039 |

По формулам над таблицей вычисляем значения и доверительные интервалы и записываем их в таблицу.

Рассмотрим по второму закону Ньютона тело, скользящее по наклонной плоскости. Тогда его ускорение соответствует следующей формуле: . Как видим, наблюдается зависимость от , имеющая линейный характер: . Здесь , а . Коэффициент B, равный ускорению свободного падения, который мы стараемся определить из задания, можно выразить через , и N.

И, наконец, рассчитаем среднеквадратичное отклонение для ускорения свободного падения g, который равен . Здесь , а . Тогда 0.563.

**Расчет погрешностей измерений**

Подсчитаем абсолютную и относительную погрешности для ускорения и ускорения свободного падения .

Абсолютная погрешность ускорения является доверительным отклонением и зависит от СКО: ∆𝑎 = = 0.012.

Вычислим относительную погрешность, поделив абсолютную на значение ускорения и выразив в сотых долях в виде процента: .

Аналогичные вычисления проведём для ускорения свободного падения. , и при 0.564 абсолютная погрешность 1.126. И тогда относительная погрешность  
, а .

Также найдём абсолютное отклонение экспериментального значения ускорения свободного падения, вычисленного нами в этой работе, от табличного значения для Санкт-Петербурга. 9.8195 , и тогда 1.022 не должно выходить за пределы . Действительно 1.022 < 1.126.

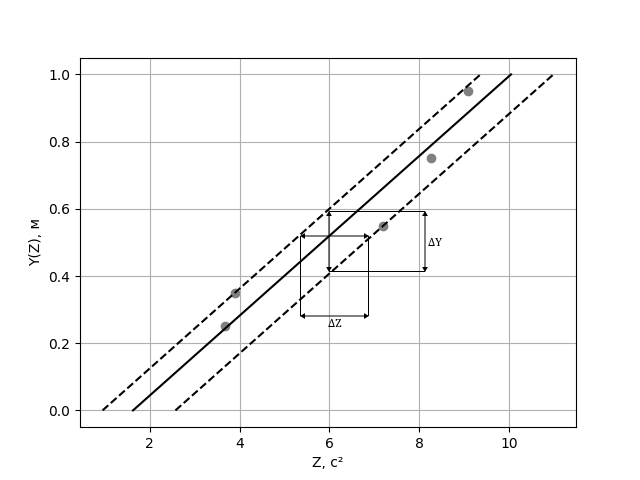
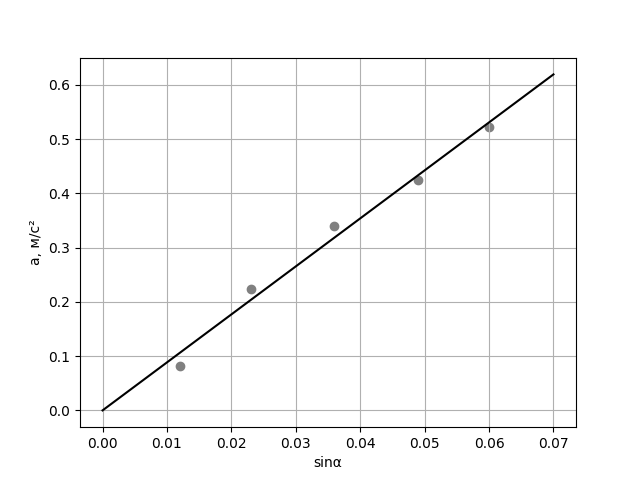
**Графики**

График 1, зависимости Y от Z

 График 2, зависимости от

**Окончательные результаты**

Доверительный интервал для ускорения = 13.24%.

Доверительный интервал для ускорения свободного падения = 12.74%.

**Выводы и анализ результатов работы**

Движение тележки можно считать равноускоренным, т.к. линейность графика 1, полученного в результате расчётов, сделанных на основе измерений расстоянии и времени движения тележки по наклонной плоскости, говорит мне об этом. Также я определил величину ускорения свободного падения и получил его экспериментальное значение. Оно отличается от табличного не более чем на абсолютную погрешность, рассчитанную чуть выше — это говорит о том, что эксперимент удался. Дополнительное построение графика зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса говорит нам о том, что между этими величинами наблюдается прямая пропорциональность.