|  |  |
| --- | --- |
| Группа M3213 | К работе допущен |
| Студент Губанов Константин | Работа выполнена |
| Преподаватель Хуснутдинова Наира Рустемовна | Отчет принят |

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

Изучение скольжения тележки по наклонной плоскости

### **1. Цель работы**

1. Экспериментальная проверка равноускоренности движения тележки по наклонной плоскости.
2. Определение величины ускорения свободного падения g.

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

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.

### **3. Объект исследования**

### Тележка, скользящая по наклонной плоскости с воздушной подушкой.

### **4. Метод экспериментального исследования**

### Многократные измерения времени прохождения тележки через оптические ворота и проверка теории скользящего по наклонной поверхности тела.

### **5. Рабочие формулы и исходные данные**

* Ускорение тележки:
* СКО ускорения:
* Значение угла наклона рельса к горизонту:
* Значение ускорения:
* Коэффициенты линейной зависимости для определения ускорения свободного падения:
  + Коэффициент B (ускорение свободного падения g):
  + Коэффициент A:
* СКО для ускорения свободного падения: , где и

### **6. Измерительные приборы**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Предел измерений* | *Цена деления* | ​ |
| *1* | Линейка на рельсе | 1,3 м | 1 см/дел | 5 мм |
| *2* | Линейка на угольнике | 340 мм | 1 мм/дел | 0,5 мм |
| *3* | ПКЦ-3 в режиме секундомера | 100 с | 0,1 с | 0,1 с |

**7. Схема установки.**

Изображение выглядит как текст, диаграмма, Технический чертеж, снимок экрана

Автоматически созданное описание

**8. Результаты прямых измерений и их обработки**

Таблица 2. Координаты высоты:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| , м | , м | , мм | , мм |
| 0,22 | 1 | 210 | 201 |

Таблица 3:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Измеренные величины | | | | Рассчитанные величины | |
| , м | , м | , с | , с | , м | , |
| 1 | 0,15 | 0,4 | 1,1 | 2,1 | 0,25 | 1,6 |
| 2 | 0,15 | 0,5 | 1,1 | 2,5 | 0,35 | 2,52 |
| 3 | 0,15 | 0,7 | 1,1 | 3 | 0,55 | 3,895 |
| 4 | 0,15 | 0,9 | 1,5 | 3,6 | 0,75 | 5,355 |
| 5 | 0,15 | 1,1 | 1,4 | 4 | 0,95 | 7,02 |

**Расчет ускорения методом наименьших квадратов**

(МНК)Для нахождения ускорения𝑎a методом наименьших квадратов (МНК) используем формулу: =>

**Суммируем квадраты отклонений:**

Подставляем значения в формулу для :

Таблица 4:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | , мм | , мм | № | , с | , с |
| 1 | 210 | 201 | 1 | 1,4 | 4,1 |
| 2 | 1,4 | 4,1 |
| 3 | 1,4 | 4 |
| 4 | 1,4 | 4 |
| 5 | 1,4 | 4 |
| 2 | 220 | 202 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | 1 | 3 |
| 3 | 1 | 3 |
| 4 | 1,1 | 3 |
| 5 | 1 | 3 |
| 3 | 230 | 203 | 1 | 0,9 | 2,4 |
| 2 | 0,8 | 2,4 |
| 3 | 0,8 | 2,4 |
| 4 | 0,9 | 2,4 |
| 5 | 0,9 | 2,4 |
| 4 | 240 | 204 | 1 | 0,8 | 2,1 |
| 2 | 0,7 | 2,1 |
| 3 | 0,8 | 2,1 |
| 4 | 0,7 | 2,1 |
| 5 | 0,7 | 2,1 |
| 5 | 250 | 205 | 1 | 0,6 | 1,9 |
| 2 | 0,7 | 1,9 |
| 3 | 0,7 | 1,9 |
| 4 | 0,7 | 1,9 |
| 5 | 0,7 | 1,9 |

**Обозначения:**

– количество пластин толщиной 1,000 см

– высота на координате 0,220 м

– высота на координате 1,000 м

**9. Расчет результатов косвенных измерений.**

**1)** Вычисление синуса угла наклона рельса с измененными высотами

Формула для вычисления синуса угла наклона рельса к горизонту с измененными высотами:

Где:

h — высота рельса в начальной точке x = 0.22 м

h0 = 210мм — начальная высота в точке x = 0.22 м

h` — высота рельса в конечной точке x` = 1.00 м

h`0 = 201 мм — высота в точке x` = 1.00 м

x = 0.22м — координата начальной точки;

x` = 1.00м — координата конечной точки;

sin a — синус угла наклона рельса.

sin(a1) = 0

sin(a2) = −0.0115

sin(a3) = −0.0231

sin(a4) = −0.0346

sin(a5) = −0.0462

**2)** Вычисление средних значений времени и их погрешностей

Для Nпл 1: = 1,4, = 4,04

Для Nпл 2: = 1,02, = 3

Для Nпл 3: = 0,86, = 2,4

Для Nпл 4: = 0,74, = 2,1

Для Nпл 5: = 0,68, = 1,9

**3)** Вычисление ускорения и его погрешности Формула для вычисления ускорения:

где:

x1 = 0.22 м

x2 = 1.00 м

t1 и t2 — средние значения времени для каждой серии.

Теперь давайте рассчитаем a для каждой серии измерений:

Для первой серии (t1=1.4, t2=4.04):

Для второй серии (t1=1.02, t2=3):

Для третьей серии (t1=0.86, t2=2.4):

Для четвёртой серии (t1=0.74, t2=2.1):

Для пятой серии (t1=0.68, t2=1.9):

Вычисление коэффициентов A и B (ускорение свободного падения) Формула для вычисления:

Таблица 5:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | , с | , с | , |
| 1 | 0 | 1.40 ± 0.000 | 4.040 ± 0.024 | 0.109 ± 0.0017 |
| 2 | −0.0115 | 1.020 ± 0.02 | 3.000 ± 0.000 | 0.196 ± 0.0020 |
| 3 | −0.0231 | 0.860 ± 0.024 | 2.400 ± 0.000 | 0.311 ± 0.0038 |
| 4 | −0.0346 | 0.740 ± 0.024 | 2.100 ± 0.000 | 0.404 ± 0.0052 |
| 5 | −0.0462 | 0.680 ± 0.02 | 1.900 ± 0.000 | 0.496 ± 0.0062 |

**10. Расчет погрешностей измерений**

По формуле ∆𝑎 можем найти абсолютную погрешность коэффициента 𝑎 для доверительной вероятности, ∆𝑎 = 0,0121 м/c2

По формуле можем найти относительную погрешность ускорения, 13,24%

По формуле можем найти абсолютную погрешность ускорения свободного падения 1,128 м/c2

По формуле можем найти относительную погрешность , 12,82%

По формуле || можем найти абсолютное отклонение экспериментального значения ускорения свободного падения 1,022 м/c2

**11. Графики.**

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

**12. Окончательные результаты.**

Относительная погрешность ускорения 13,24%

Абсолютная погрешность коэффициента 0,0121

Значение ускорения свободного падения (8,7971,128) м/c2

Относительная погрешность ускорения свободного падения 12,82%

Абсолютное отклонение экспериментального значения ускорения свободного падения от его табличного значения для Санкт-Петербурга 1,022 м/c2

**13. Выводы и анализ результатов работы.**

В рамках работы был проведен эксперимент по исследованию равноускоренного движения тележки по наклонной плоскости. Проведены необходимые расчеты и построен график зависимости ускорения от угла наклона плоскости . Анализ линейности графика подтвердил, что движение является равноускоренным, а ускорение зависит линейно от .

Также было рассчитано значение ускорения свободного падения на основе данных эксперимента. Экспериментальное значение ускорения свободного падения отличается от табличного значения для города Санкт-Петербург на , что укладывается в диапазон абсолютной погрешности, равной . Это позволяет сделать вывод о корректности эксперимента.