**Университет ИТМО**

**Физико-технический мегафакультет Физический факультет**

Группа K3121 К работе допущен Студент Абдулов И, Бабаев Р Работа выполнена Преподаватель Курашова С.А. Отчет принят

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.02

**Изучение скольжения тележки по наклонной плоскости**

1. Цели работы.

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

1. Задачи, решаемые при выполнении работы.

* Измерение времени движения тележки по рельсу с фиксированным углом наклона.
* Измерение времени движения тележки по рельсу при разных углах наклона рельса к горизонту.
* Исследование движения тележки при фиксированном угле наклона рельса. Проверка равноускоренности движения тележки.
* Исследование зависимости ускорения тележки от угла наклона рельса к горизонту. Определение ускорения свободного падения.

1. Объект исследования.

Тележка на наклонной плоскости.

1. Метод экспериментального исследования.

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

• Исследование графика теоретической зависимости между перемещением и полуразностью квадратов значений времени.

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

• Сравнение абсолютной погрешности ускорения свободного падения с абсолютным отклонением табличного значения ускорения свободного падания в Санкт-Петербурге

• Анализ полученных результатов

1. Рабочие формулы и исходные данные.

Погрешности при прямых многократных измерениях

Изображение выглядит как текст, доска

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как схематичный

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Погрешности косвенных многократных измерений

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

Ускорение методом наименьших квадратов:

Изображение выглядит как текст, доска

Автоматически созданное описание

Среднеквадратичное отклонение ускорения:

Изображение выглядит как текст, доска

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, часы

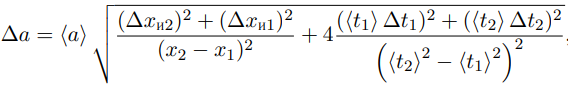
Автоматически созданное описаниеСинус угла наклона рельса к горизонту:

Среднее значение ускорения:

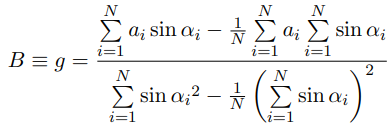
Изображение выглядит как текст, часы

Автоматически созданное описание

Погрешность измерения ускорения для каждой серии измерений:



Ускорение свободного падения:



:

Изображение выглядит как текст, часы

Автоматически созданное описание

Среднеквадратичное отклонение ускорения свободного падения:

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание



Изображение выглядит как текст, часы

Автоматически созданное описание

1. Измерительные приборы.

Табл 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Предел измерений* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Линейка на рельсе | Механический | 1.3 м | 5 мм |
| *2* | Линейка на угольнике | Механический | 450 мм | 0,5 мм |
| *3* | ПКЦ-3 в режиме секундомера | Электронный | 20 с | 0,1 с |

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

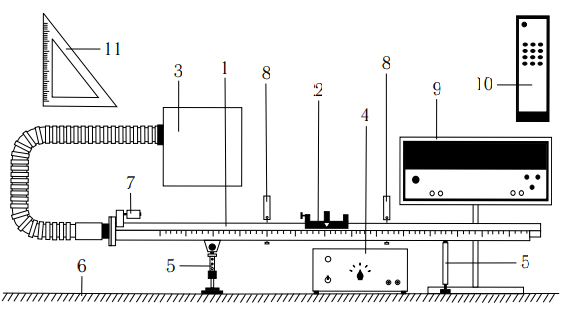


Рис. 1

* 1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне
  2. Тележка
  3. Воздушный насос
  4. Источник питания насоса ВС 4-12
  5. Опоры рельса
  6. Опорная плоскость (поверхность стола)
  7. Фиксирующий электромагнит
  8. Оптические ворота
  9. Цифровой измерительный прибор ПКЦ-3
  10. Пульт дистанционного управления прибором ПКЦ-3
  11. Линейка – угольник

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

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 𝑥, м | 𝑥 ′ , м | h0, мм | h0′, мм |
| 0,22 | 1 | 178 | 176 |
|  | | | |

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Измеренные величины | | | | Рассчитанные величины | |
| 𝑥1, м | 𝑥2, м | 𝑡1, с | 𝑡2, с | 𝑥2 − 𝑥1, м | **(t22-t12)/2, c2** |
| 1 | 0,15 | 0,40 | 1,30 | 2,50 | 0,25 | 2,28 |
| 2 | 0,15 | 0,50 | 1,20 | 2,70 | 0,35 | 2,93 |
| 3 | 0,15 | 0,70 | 1,10 | 3,10 | 0,55 | 4,20 |
| 4 | 0,15 | 0,90 | 1,40 | 4,10 | 0,75 | 7,43 |
| 5 | 0,15 | 1,10 | 1,40 | 4,60 | 0,95 | 9,60 |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nпл | h, мм | h', мм | № | t1, с | t2, с | **Погрешности прямых измерений времени** | | |
| 1 | 186 | 177 | 1 | 1,6 | 4,1 | ⟨𝑡1,2⟩= | 1,62 | 4,1 |
| 2 | 1,6 | 4,1 | St | 0,02 | 0,03 |
| 3 | 1,6 | 4,1 | ∆t | 0,06 | 0,09 |
| 4 | 1,6 | 4 | ∆t | 0,09 | 0,11 |
| 5 | 1,7 | 4,2 | ᶓ | 5% | 3% |
| 2 | 196 | 177 | 1 | 1,2 | 2,9 | ⟨𝑡1,2⟩= | 1,2 | 2,98 |
| 2 | 1,1 | 2,9 | St | 0,03 | 0,04 |
| 3 | 1,3 | 3,1 | ∆t | 0,09 | 0,10 |
| 4 | 1,2 | 3 | ∆t | 0,11 | 0,12 |
| 5 | 1,2 | 3 | ᶓ | 9% | 4% |
| 3 | 205 | 177 | 1 | 1 | 2,4 | ⟨𝑡1,2⟩= | 0,96 | 2,36 |
| 2 | 1 | 2,4 | St | 0,02 | 0,02 |
| 3 | 0,9 | 2,3 | ∆t | 0,07 | 0,07 |
| 4 | 1 | 2,4 | ∆t | 0,10 | 0,10 |
| 5 | 0,9 | 2,3 | ᶓ | 10% | 4% |
| 4 | 214 | 178 | 1 | 0,8 | 2,1 | ⟨𝑡1,2⟩= | 0,82 | 2,08 |
| 2 | 0,8 | 2 | St | 0,02 | 0,02 |
| 3 | 0,8 | 2,1 | ∆t | 0,06 | 0,06 |
| 4 | 0,9 | 2,1 | ∆t | 0,09 | 0,09 |
| 5 | 0,8 | 2,1 | ᶓ | 11% | 4% |
| 5 | 224 | 178 | 1 | 0,7 | 1,8 | ⟨𝑡1,2⟩= | 0,76 | 1,86 |
| 2 | 0,8 | 1,9 | St | 0,02 | 0,02 |
| 3 | 0,8 | 1,9 | ∆t | 0,07 | 0,07 |
| 4 | 0,7 | 1,8 | ∆t | 0,10 | 0,10 |
| 5 | 0,8 | 1,9 | ᶓ | 13% | 5% |
| Nпл - количество пластин  h - высота на координате 𝑥 = 0,22 *м*  h′ - высота на координате 𝑥′ = 1,10 *м* | | | | | |  |  |  |

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Nпл | sin 𝛼 | ⟨𝑡1⟩±∆𝑡1, *с* | ⟨𝑡2⟩±∆𝑡2, *с* | ⟨𝑎⟩±∆𝑎, м/с^2 |
| 1 | 0,01 | 1,62±0,09 | 4,10±0,11 | 0,11±0,01 |
| 2 | 0,02 | 1,20±0,11 | 2,98±0,12 | 0,21±0,02 |
| 3 | 0,03 | 0,96±0,10 | 2,36±0,10 | 0,34±0,04 |
| 4 | 0,04 | 0,82±0,09 | 2,08±0,09 | 0,43±0,05 |
| 5 | 0,06 | 0,76±0,10 | 1,86±0,10 | 0,54±0,07 |
| Nпл - количество пластин  ⟨𝑡1,2⟩ = | | | | |

1. Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы, примеры расчетов*).

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

Таблица 6. Погрешности прямых измерений в задании 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 𝑥1, м | 𝑥2, м | 𝑡1, с | 𝑡2, с | 𝑥2 − 𝑥1, м | **(t22-t12)/2, c2** |
| ⟨x/t⟩= | 0,15 | 0,72 | 1,28 | 3,40 | 0,57 | 4,96 |
| Sx/t | 0,00 | 0,13 | 0,06 | 0,41 |  |  |
| ∆x/t | 0,00 | 0,36 | 0,16 | 1,13 |  |  |
| ∆x/t | 0,00 | 0,36 | 0,18 | 1,13 | 0,36 | 3,86 |
| ᶓ | 0% | 49% | 14% | 33% | 62% | 78% |

1. Графики (*перечень графиков, которые составляют Приложение 2*).

Рис 1.

Рис 2.

Рис 3.

Рис 4.

1. Окончательные результаты.
2. Выводы и анализ результатов работы.

Таким образом, нам удалось исследовать движение тележки по наклонной плоскости на равноускоренность, а также определить величину ускорения свободного падения. На основе графика, изображённого на рисунке №2, можно утверждать, что движение тележки действительно является равноускоренным, поскольку с учётом относительной погрешности ускорения, равной 10%, зависимость получилась линейной. Что касается ускорения свободного падения, то абсолютная погрешность gэксп примерно равна абсолютному отклонения относительно табличного значения 𝑔табл для Санкт-Петербурга, из чего можно сделать вывод о том, что полученную величину ускорения можно считать достоверной.

1. Дополнительные задания.
2. Дайте определения пути, перемещения, траектории. Каковы принципиальные различия этих понятий?
3. Изобразите графики зависимостей координаты 𝑥(𝑡) и проекции скорости 𝑉𝑥(𝑡) для случаев равномерного и равнопеременного прямолинейного движения.
4. В любой момент времени мгновенное и среднее значение скорости равны друг другу. Что в этом случае можно сказать о величине ускорения?
5. В первом случае некоторому телу придали начальную скорость параллельно шероховатой наклонной плоскости в направлении вверх, а во втором случае - вниз. В каком случае модуль ускорения тела будет больше и почему?
6. Изобразите качественный рисунок (чертеж), иллюстрирующий получение формулы
7. Как зависит величина силы трения скольжения, действующая на тело, находящееся на наклонной плоскости, от угла ее наклона при прочих равных условиях? Изобразите график соответствующей зависимости.
8. Как зависит ускорение свободного падения от географической широты?
9. Выполнение дополнительных заданий.
10. **Перемещением материальной точки** за интервал времени от t = t1 до t = t2 называется вектор, проведенный из её положения в момент времени t1 в её положение в момент времени t2.  
    **Траекторией материальной точки** называется линия, которую она описывает при своём движении.  
    **Длиной пути** S называется сумма длин всех участков траектории, пройденных материальной точкой за рассматриваемый промежуток времени.  
    Принципиальное отличие между путем и перемещением состоит в том, что перемещение – вектор, проведенный от начала траектории к её концу, а путь описывает всю траекторию целиком.
11. Изображение выглядит как диаграмма

    Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как диаграмма

    Автоматически созданное описание1) Равномерное и 2) Равнопеременное
12. Ускорение равно нулю, тело движется равномерно с постоянной скоростью.
13. Модуль ускорения будет больше во втором случае, поскольку в первом проекция ускорения свободного падения (направлено вниз) на поверхность будет отрицательна, а во втором – положительна. Следовательно, в первом случае ускорения будут вычитаться, а во втором складываться.
14. Изображение выглядит как стол

    Автоматически созданное описание
15. Сила трения пропорциональна нормальной составляющей веса тела. Эта составляющая пропорциональна косинусу угла наклона. Если угол увеличивать от 0 до 90 градусов, то косинус убывает от 1 до 0, поэтому, чем больше наклон, тем меньше сила трения. Изображение выглядит как диаграмма

    Автоматически созданное описание
16. Во-первых, Земля - не шар, а эллипсоид вращения, т. е. радиус Земли на полюсе меньше радиуса Земли на экваторе. Поэтому сила тяжести и вызываемое ею ускорение свободного падения на полюсе больше, чем на экваторе (g=9,832 м/с2 на полюсе и g = 9,780 м/с2 на экваторе) .  
    Во-вторых, Земля вращается вокруг своей оси и это влияет на ускорение свободного падения, приводя к его зависимости от географической широты местности.  
    Зависимость ускорения свободного падения от радиуса Земли и высоты тела над Землей непосредственно вытекает из формулы закона всемирного тяготения. Независимость этого ускорения от массы падающего тела следует из второго закона Ньютона и закона всемирного тяготения.  
    Установлено, что на географической широте 45°, у поверхности Земли ускорение свободного падения равно 9,80665 м/с2 (округленно 9,81 м/с2). Для расчетов, не требующих большой точности, значение ускорения свободного падения во всех точках поверхности Земли принято считать одинаковым и равным 9,8 м/с2.
17. Замечания преподавателя (*исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт*

***Примечание:*** 1. *Пункты 1-6,8-13 Протокола-отчета* ***обязательны*** *для заполнения.*

* 1. *Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.*
  2. *При ручном построении графиков рекомендуется использовать миллиметровую бумагу.*
  3. *Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.*