Изображение выглядит как Шрифт, логотип, Графика, белый

Автоматически созданное описание**Университет ИТМО**

**Физико-технический мегафакультет Физический факультет**

|  |  |
| --- | --- |
| Группа M3201 | К работе допущен |
| Студенты Ткачук С.A. и Чуб Д.О. | Работа выполнена |
| Преподаватель Шоев В.И. | Отчет принят |

****

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе № 1.03

Изучение центрального соударения двух тел. Проверка второго закона Ньютона

1. **Цель работы**

1. Исследование упругого и неупругого центрального соударения тел на примере тележек, движущихся с малым трением.

2. Исследование зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки

1. **Задачи, решаемые при выполнении работы**

1. Измерение скоростей тележек до и после соударения.

2. Измерение скорости тележки при ее разгоне под действием постоянной силы.

3. Исследование потерь импульса и механической энергии при упругом и неупругом соударении двух тележек.

4. Исследование зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки. Проверка второго закона Ньютона.

1. **Объект исследования**

Упругое и неупругое соударения

1. **Метод экспериментального исследования**

Лабораторный

1. **Рабочие формулы и исходные данные**

Формулы:

Импульс – это количество движения тела. Масса умножить на скорость.

Закон сохранения импульса: если не действуют внешние силы, то общий импульс системы остается постоянным.

Энергия – это способность системы выполнять работу. Работа – это сила на расстояние.

Кинетическая энергия – это энергия движения. 1\2 mv^2

Потенциальная энергия – это энергия положения объекта в поле силы (например в гравитационном поле).

Закон сохранения энергии – это в замкнутой системе общая энергия остается постоянной со временем

Импульсы 1-го тела до удара, 1-го тела после удара и 2-го тела после удара ( – масса 1-го тела, – масса 2-го тела, – проекция скорости 1-го тела до удара на ось , – проекция скорости 1-го тела после удара на ось , – проекция скорости 2-го тела после удара на ось ):

, , (1)

Относительное изменение импульса системы при соударении ( – проекция импульса 1-го тела до удара на ось , – проекция импульса 1-го тела после удара на ось , – проекция импульса 2-го тела после удара на ось ):

(2)

Относительное изменение кинетической энергии системы при соударении:

(3)

Среднее значение относительного изменения импульса ( - -е значение , – количество значений):

(4)

Среднее значение относительного изменения энергии ( - -е значение , – количество значений):

(5)

Среднее значение экспериментального значения относительного изменения механической энергии ( - -е значение , – количество значений):

Импульс системы до соударения ( – масса 1-го тела, – скорость 1-го тела до соударения)

(7)

Импульс системы после соударения ( – масса 1-го тела, – масса 2-го тела, – скорость тел после соударения)

(8)

Относительное изменение импульса ( – импульс системы после соударения, - импульс системы до соударения):

(9)

Экспериментальное значение относительного изменения механической энергии:

(10)

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии:

= (11)

Ускорение тележки (, – значения координат оптических ворот, – начальная скорость тележки, – конечная скорость тележки):

(12)

Сила натяжения нити действующая НА ГРУЗ ( – масса подвешенного груза, – ускорение свободного падения, – ускорение тележки): Из 2 закона Ньютона по OY для груза

(13)

Соотношение силы натяжения нити действующая НА ТЕЛЕЖКУ и ускорения тележки ( – масса тележки, – сила трения). Из 2 закона Ньютона по OX для тележки

(14)

Погрешность среднего значения ( – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности и количества проведенных измерений , - -е значение, – среднее значение ):

(15)

Погрешность среднего значения ( – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности и количества проведенных измерений , - -е значение, – среднее значение):

(16)

Погрешность среднего значения ( – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности и количества проведенных измерений , - -е значение, – среднее значение):

(17)

Исходные данные:

– ускорение свободного падения

– доверительная вероятность

– значения координат оптических ворот

1. **Измерительные приборы**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Линейка на рельсе | Механический | 0–1.3 м | 0.5 см |
| *2* | ПКЦ-3 в режиме измерения скорости | Электронный | 0–9.99 м/с | 0.01 м/с |
| *3* | Лабораторные весы | Электронный | 0-250 г | 0.01 г |

1. **Схема установки**

**Изображение выглядит как диаграмма, зарисовка, Технический чертеж, План

Автоматически созданное описание**

**Рис. 1**: общий вид экспериментальной установки: 1 - рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне, 2 - сталкивающиеся тележки, 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

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

Упругое соударение -

**Таблица 1:** измерение скоростей тележек без груза при упругом соударении

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | , г | , г | м/с | м/с | м/с |
| 1 | 51 | 47 | 0,33 | -0,05 | 0,30 |
| 2 | 0,32 | -0,05 | 0,29 |
| 3 | 0,34 | -0,05 | 0,31 |
| 4 | 0,35 | -0,06 | 0,31 |
| 5 | 0,31 | -0,05 | 0,28 |

**Таблица 2:** измерение скоростей тележки с грузом и тележки без груза при упругом соударении

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | , г | , г | м/с | м/с | м/с |
| 1 | 51 | 98 | 0,35 | -0,06 | 0,14 |
| 2 | 0,34 | -0,06 | 0,11 |
| 3 | 0,36 | -0,06 | 0,13 |
| 4 | 0,35 | -0,05 | 0,13 |
| 5 | 0,35 | -0,06 | 0,14 |

**Таблица 3:** измерение скоростей тележек без груза при неупругом соударении

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | , г | , г | м/с | , м/с |
| 1 | 54 | 53 | 0,34 | 0,17 |
| 2 | 0,33 | 0,16 |
| 3 | 0,32 | 0,16 |
| 4 | 0,34 | 0,17 |
| 5 | 0,35 | 0,18 |

**Таблица 4:** измерение скоростей тележки с грузом и тележки без груза при неупругом соударении

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | , г | , г | м/с | , м/с |
| 1 | 54 | 104 | 0,34 | 0,08 |
| 2 | 0,32 | 0,08 |
| 3 | 0,33 | 0,09 |
| 4 | 0,34 | 0,08 |
| 5 | 0,35 | 0,09 |

**Таблица 5:** измерение скоростей тележки движущейся под действием внешней силы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | , г | м/с | м/с |
| 1 | подвеска | 2 | 0,29 | 0,89 |
| 2 | подвеска + одна шайба | 3 | 0,30 | 1,02 |
| 3 | подвеска + две шайбы | 4 | 0,35 | 1,14 |
| 4 | подвеска + три шайбы | 5 | 0,46 | 1,23 |
| 5 | подвеска + четыре шайбы | 6 | 0,51 | 1,33 |
| 6 | подвеска + пять шайб | 7 | 0,54 | 1,41 |
| 7 | подвеска + шесть шайб | 8 | 0,59 | 1,5 |

**Таблица 6:** измерение скоростей тележки с грузом движущейся под действием внешней силы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | , г | м/с | м/с |
| 1 | подвеска | 2 | 0,16 | 0,63 |
| 2 | подвеска + одна шайба | 3 | 0,25 | 0,77 |
| 3 | подвеска + две шайбы | 4 | 0,3 | 0,87 |
| 4 | подвеска + три шайбы | 5 | 0,34 | 0,94 |
| 5 | подвеска + четыре шайбы | 6 | 0,37 | 1,01 |
| 6 | подвеска + пять шайб | 7 | 0,4 | 1,06 |
| 7 | подвеска + шесть шайб | 8 | 0,43 | 1,1 |

1. **Расчет результатов косвенных измерений**

**Задание 1.** Исследование потерь импульса и механической энергии при упругом и неупругом соударении двух тележек.

По данным **Таблицы 1** рассчитаем и занесем в **Таблицу 7** импульсы тел по формулам (1):

**Таблица 7:** импульсы тележек до и после упругого соударения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |  |  |
| 1 | 16,83 | -2,55 | 14,1 | -0,31 | -0,22 |
| 2 | 16,32 | -2,55 | 13,63 | -0,32 | -0,22 |
| 3 | 17,34 | -2,55 | 14,57 | -0,31 | -0,21 |
| 4 | 17,85 | -3,06 | 14,57 | -0,36 | -0,25 |
| 5 | 15,81 | -2,55 | 13,16 | -0,33 | -0,22 |

Вычислим для каждой строки **Таблицы 7** относительные изменения импульса и кинетической энергии системы при соударении по формулам (2) и (3). Занесем результаты в **Таблицу 7**.

Рассчитаем средние значения , относительных изменений импульса и энергии по двум последним колонкам **Таблицы 7** по формулам (4), (5):

Импульс и энергия сохраняется

По данным **Таблицы 2** вычислим импульсы по формуле (1) и относительные изменения импульса и энергии по формулам (2), (3). Результаты представим в **Таблице 8**.

**Таблица 8:** импульсы тележки с грузом и тележки без груза до и после упругого соударения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |  |  |
| 1 | 17,85 | -3,06 | 13,72 | -0,40 | -0,66 |
| 2 | 17,34 | -3,06 | 10,78 | -0,55 | -0,77 |
| 3 | 18,36 | -3,06 | 12,74 | -0,47 | -0,72 |
| 4 | 17,85 | -2,55 | 12,74 | -0,43 | -0,71 |
| 5 | 17,85 | -3,06 | 13,72 | -0,40 | -0,66 |

По двум последним колонкам **Таблицы 8** найдем средние значения , по формулам (4), (5):

Импульс и энергия сохраняется

По данным из **Таблицы 3** заполним следующую **Таблицу 9**, где - импульс системы до соударения (по формуле (7)), - импульс системы после соударения (по формуле (8)), - относительное изменение импульса (по формуле (9)), *-* экспериментальное значение относительного изменения механической энергии (по формуле (10)), *-* теоретическое значение относительного изменения механической энергии (по формуле (11)).

**Таблица 9:** импульсы тележек до и после неупругого соударения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |  |  |
| 1 | 18,36 | 18,19 | -0,01 | -0,50 | -0,50 |
| 2 | 17,82 | 17,12 | -0,04 | -0,53 | -0,50 |
| 3 | 17,28 | 17,12 | -0,01 | -0,50 | -0,50 |
| 4 | 18,36 | 18,19 | -0,01 | -0,50 | -0,50 |
| 5 | 18,9 | 19,26 | 0,02 | -0,48 | -0,50 |

Рассчитаем среднее значение и по формулам (4), (6):

Выполним предыдущие вычисления для данных из **Таблицы 4** и заполним **Таблицу 10**:

**Таблица 10:** импульсы тележки с грузом и тележки без груза до и после неупругого соударения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |  |  |
| 1 | 18,36 | 18,96 | 0,03 | -0,64 | -0,66 |
| 2 | 17,82 | 17,28 | -0,02 | -0,67 | -0,66 |
| 3 | 17,28 | 17,38 | 0,01 | -0,65 | -0,66 |
| 4 | 18,36 | 18,96 | 0,03 | -0,64 | -0,66 |
| 5 | 18,9 | 18,96 | 0,00 | -0,66 | -0,66 |

Рассчитаем среднее значение и по формулам (4), (6):

**Задание 2.** Исследование зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки. Проверка второго закона Ньютона

Используя значения координат оптических ворот = 0,150 м, = 0,800 м и данные из **Таблицы 5**, вычислим и запишем в **Таблицу 11** ускорение 𝑎 тележки и силу 𝑇 натяжения нити по формулам (12) и (13):

**Таблица 11:** ускорение тележки без груза и натяжении нити

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |
| 1 | 2 | 0,54 | 18,55 |
| 2 | 3 | 0,73 | 27,27 |
| 3 | 4 | 0,91 | 35,66 |
| 4 | 5 | 1,00 | 44,10 |
| 5 | 6 | 1,16 | 51,96 |
| 6 | 7 | 1,31 | 59,61 |
| 7 | 8 | 1,46 | 66,86 |

Пользуясь **Таблицей 11**, нанесем на график **(Рис. 2)** точки экспериментальной зависимости .

С помощью метода наименьших квадратов найдем коэффициенты зависимости :

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 0,54 | 18,55 |
| 0,73 | 27,27 |
| 0,91 | 35,66 |
| 1,00 | 44,10 |
| 1,16 | 51,96 |
| 1,31 | 59,61 |
| 1,46 | 66,86 |

Уравнение:

Найдем массу тележки как коэффициент наклона экспериментальной зависимости 𝑇(𝑎):

Найдем величину силы трения как свободное слагаемое экспериментальной зависимости 𝑇(𝑎):

Построим с помощью найденных по МНК параметров и на той же координатной сетке **(Рис. 2)** график зависимости (14).

Выполним предыдущие действия для данных из **Таблицы 6**, заполнив **Таблицу 12**, подобную **Таблице 11**:

**Таблица 12:** ускорение тележки с грузом и натяжении нити

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта |  |  |  |
| 1 | 2 | 0,29 | 19,07 |
| 2 | 3 | 0,41 | 28,24 |
| 3 | 4 | 0,51 | 37,23 |
| 4 | 5 | 0,59 | 46,15 |
| 5 | 6 | 0,68 | 54,84 |
| 6 | 7 | 0,74 | 63,55 |
| 7 | 8 | 0,79 | 72,25 |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 0,29 | 19,07 |
| 0,41 | 28,24 |
| 0,51 | 37,23 |
| 0,59 | 46,15 |
| 0,68 | 54,84 |
| 0,74 | 63,55 |
| 0,79 | 72,25 |

Уравнение:

Построим на той же координатной сетке **(Рис. 2)** график зависимости 𝑇 от 𝑎 при разгоне утяжелённой тележки.

**Рис. 2**: График зависимости

- зависимость, полученная МНК из **Таблицы 12**



- зависимость, полученная МНК из **Таблицы 11**



Здесь T действует на тележку. 1-й график с грузом, 2-й без груза, следовательно коэффициент (масса тележки) в 1 графике больше

1. **Расчет погрешностей измерений**

Найдем погрешности средних значений (**Таблица 7**) и по формулам (15) и (16): ; .

Доверительный интервал для :

Доверительный интервал для :

Найдем погрешности средних значений (**Таблица 8**) и по формулам (15) и (16): ; .

Доверительный интервал для :

Доверительный интервал для :

Найдем погрешности средних значений (**Таблица 9**) и по формулам (15) и (17): ; .

Доверительный интервал для :

Доверительный интервал для :

Найдем погрешности средних значений (**Таблица 10**) и по формулам (15) и (17): ; .

Доверительный интервал для :

Доверительный интервал для :

Рассчитаем погрешности и (**Таблица 11**):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0,88 | -0,69 | -2,04 | 1,53 | 0,73 | 0,26 | -0,61 |

Рассчитаем погрешности и (**Таблица 12**):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2,49 | -0,80 | -2,20 | -1,59 | -2,24 | 0,23 | 3,74 |

1. **Окончательные результаты**

Конечный результат (**Таблица 11**):

;

;

Конечный результат (**Таблица 12**):

;

;

1. **Вывод и анализ результатов работы**

Были экспериментально исследованы упругое и неупругое центральное соударения тел на примере тележек, движущихся с малым трением и доказан закон сохранения импульса. Также была выявлена и доказана зависимость ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки. Рассчитаны все коэффициенты, зависимость показана на графике.