**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский университет ИТМО»**

Факультет информационных технологий и программирования

Лабораторная работа № 1.03

*Изучение центрального соударения двух тел. Проверка второго закона Ньютона*

**Выполнил студент группы № M3212**

Пестриков Михаил Михайлович

**Подпись:**



Санкт-Петербург

2023

1) Цели 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.

2) Задачи

1. Измерение скоростей тележек до и после соударения.

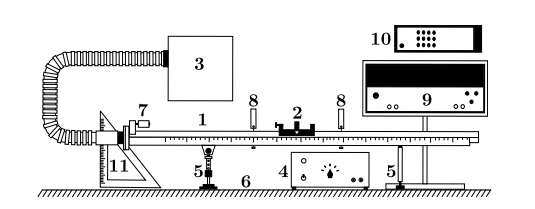
2. Измерение скорости тележки при ее разгоне под действием постоянной силы.

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.

3) Установка



1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне

2. Сталкивающиеся тележки

3. Воздушный насос

4. Фиксирующий электромагнит

5. Оптические ворота

6. Цифровой измерительный прибор

4) Ход работы

**По заданию 1** были проведены измерения скоростей тележек без утяжеления и с утяжелением до и после упругого и неупругого соударения. Результаты занесены в **таблицы 1, 2, 3, 4**

**По заданию 2** были проведены измерения скорости тележки без утяжеления и с утяжелением при ее разгоне под действием постоянной силы. Результаты занесены в **таблицы 3 и 4**

По данным **таблиц 1, 2** рассчитаны импульсы тел, относительные изменения импульса и кинетической энергии системы при соударении, средние значения относительных изменений импульса и энергии. Построены доверительные интервалы. Результаты занесены в **таблицы 7, 8**

По данным **таблиц 3, 4** рассчитаны импульс системы до соударения, после соударения, относительное изменение импульса, экспериментальное значение относительного изменения механической энергии, теоретическое значение относительного изменения механической энергии, средние значения относительных изменений импульса и энергии. Построены доверительные интервалы. Результаты занесены в **таблицы 9, 10**

По данным **таблиц 5, 6** рассчитаны ускорение тележки и сила натяжения нити. Результаты занесены в **таблицы 11, 12**. Построены графики по точкам экспериментальной зависимости T(a). По графикам найдены массы тележек, погрешности и силы трения.

5) Результаты измерений и вычислений:

**Табл. 1 Абсолютно упругое соударение**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1 г | m2 г | v10x м/с | v1x м/с | v2x м/с |
| 1 | 47,35 | 46,14 | 0,48 | 0,06 | 0,4 |
| 2 | 47,35 | 46,14 | 0,48 | 0,05 | 0,4 |
| 3 | 47,35 | 46,14 | 0,47 | 0,06 | 0,4 |
| 4 | 47,35 | 46,14 | 0,48 | 0,05 | 0,4 |
| 5 | 47,35 | 46,14 | 0,48 | 0,05 | 0,38 |

**Табл. 7 Импульсы тел по табл. 1**

– относительное изменение импульса

– отн. изм. кинетической энергии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x мН \* с | p1x мН \* с | p2x мН \* с | 𝛿p | 𝛿W |
| 1 | 22,728 | 2,841 | 18,456 | -0,063 | -0,963 |
| 2 | 22,728 | 2,367 | 18,456 | -0,084 | -0,964 |
| 3 | 22,255 | 2,841 | 18,456 | -0,043 | -0,965 |
| 4 | 22,728 | 2,368 | 18,456 | -0,084 | -0,964 |
| 5 | 22,728 | 2,368 | 17,533 | -0,124 | -0,967 |

Среднее значение относительного изменения импульса

Среднее значение относительного изменения механической энергии

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95

Погрешность среднего значения относительного изменения импульса

Погрешность среднего значения относительного изменения энергии

Доверительный интервал для 𝛿p

Доверительный интервал для 𝛿W

**Табл. 2 Абсолютно упругое соударение с утяжелением**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1 г | m2 г | v10x м/с | v1x м/с | v2x м/с |
| 1 | 47,35 | 96,56 | 0,48 | -0,08 | 0,27 |
| 2 | 47,35 | 96,56 | 0,47 | -0,08 | 0,27 |
| 3 | 47,35 | 96,56 | 0,47 | -0,05 | 0,35 |
| 4 | 47,35 | 96,56 | 0,47 | -0,08 | 0,26 |
| 5 | 47,35 | 96,56 | 0,47 | -0,08 | 0,26 |

**Табл. 8 Импульсы тел по табл. 2**

– относительное изменение импульса

– отн. изм. кинетической энергии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x мН \* с | p1x мН \* с | p2x мН \* с | 𝛿p | 𝛿W |
| 1 | 22,728 | -3,788 | 26,071 | -0,020 | -0,964 |
| 2 | 22,255 | -3,788 | 26,071 | 0,001 | -0,966 |
| 3 | 22,255 | -2,368 | 33,796 | 0,412 | -0,944 |
| 4 | 22,255 | -3,788 | 25,106 | -0,042 | -0,968 |
| 5 | 22,255 | -3,788 | 25,106 | -0,042 | -0,968 |

Среднее значение относительного изменения импульса

Среднее значение относительного изменения механической энергии

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95

Погрешность среднего значения относительного изменения импульса

Погрешность среднего значения относительного изменения энергии

Доверительный интервал для 𝛿p

Доверительный интервал для 𝛿W

**Табл. 3 Абсолютно неупругое соударение**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1 г | m2 г | v10 м/с | v м/c |
| 1 | 52,16 | 50,15 | 0,44 | 0,2 |
| 2 | 52,16 | 50,15 | 0,44 | 0,2 |
| 3 | 52,16 | 50,15 | 0,44 | 0,2 |
| 4 | 52,16 | 50,15 | 0,44 | 0,2 |
| 5 | 52,16 | 50,15 | 0,43 | 0,19 |

**Табл. 9 Импульсы тел по табл. 3**

- экспериментальное значение относительного изменения механической энергии

- теоретическое значение относительного изменения механической энергии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10 мН \* с | p1 мН \* с | 𝛿p | 𝛿W (Э) | 𝛿W (Т) |
| 1 | 22,950 | 20,462 | -0,108 | -0,595 | -0,490 |
| 2 | 22,950 | 20,462 | -0,108 | -0,595 | -0,490 |
| 3 | 22,950 | 20,462 | -0,108 | -0,595 | -0,490 |
| 4 | 22,950 | 20,462 | -0,108 | -0,595 | -0,490 |
| 5 | 22,429 | 19,439 | -0,133 | -0,617 | -0,490 |

Среднее значение относительного изменения импульса

Среднее экспериментальное значение относительного изменения механической энергии

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95

Погрешность среднего значения относительного изменения импульса

Погрешность среднего значения относительного изменения энергии

Доверительный интервал для 𝛿p

Доверительный интервал для 𝛿W(Э)

**Табл. 4 Абсолютно неупругое соударение с утяжелением**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1 г | m2 г | v10 м/с | v м/c |
| 1 | 52,16 | 99,08 | 0,44 | 0,09 |
| 2 | 52,16 | 99,08 | 0,43 | 0,06 |
| 3 | 52,16 | 99,08 | 0,42 | 0,1 |
| 4 | 52,16 | 99,08 | 0,47 | 0,13 |
| 5 | 52,16 | 99,08 | 0,41 | 0,06 |

**Табл. 10 Импульсы тел по табл. 4**

- экспериментальное значение относительного изменения механической энергии

- теоретическое значение относительного изменения механической энергии

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10 мН \* с | p1 мН \* с | 𝛿p | 𝛿W (Э) | 𝛿W (Т) |
| 1 | 22,950 | 13,612 | -0,407 | -0,879 | -0,655 |
| 2 | 22,429 | 9,074 | -0,595 | -0,944 | -0,655 |
| 3 | 21,907 | 15,124 | -0,310 | -0,836 | -0,655 |
| 4 | 24,515 | 19,661 | -0,198 | -0,778 | -0,655 |
| 5 | 21,386 | 9,074 | -0,576 | -0,938 | -0,655 |

Среднее значение относительного изменения импульса

Среднее экспериментальное значение относительного изменения механической энергии

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,95

Погрешность среднего значения относительного изменения импульса

Погрешность среднего значения относительного изменения энергии

Доверительный интервал для 𝛿p

Доверительный интервал для 𝛿W(Э)

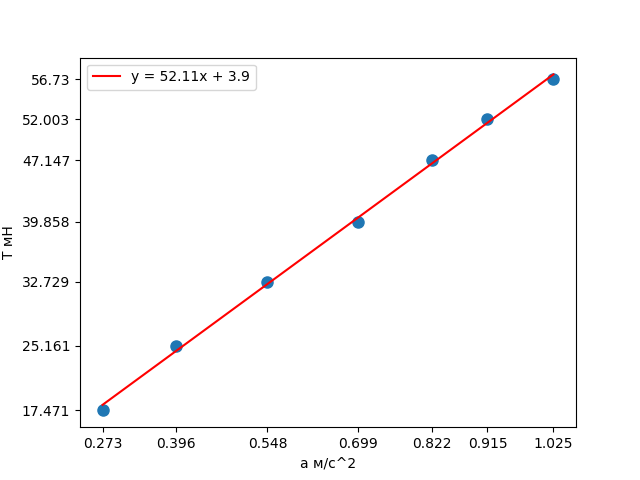
**Табл. 5 Разгоняемое тело – тележка, M1 = 46,56**

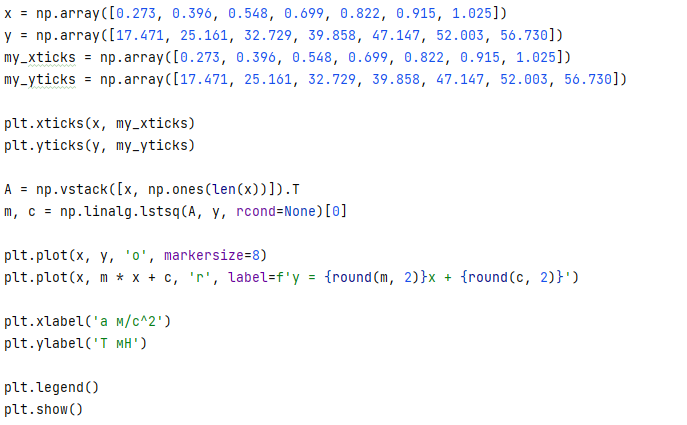
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | m г | v1 м/с | v2 м/с |
| 1 | подвеска | 1,83 | 0,26 | 0,65 |
| 2 | подвеска +1 | 2,67 | 0,33 | 0,79 |
| 3 | подвеска +2 | 3,53 | 0,39 | 0,93 |
| 4 | подвеска +3 | 4,37 | 0,44 | 1,05 |
| 5 | подвеска +4 | 5,24 | 0,48 | 1,14 |
| 6 | подвеска +5 | 5,84 | 0,5 | 1,2 |
| 7 | подвеска +6 | 6,45 | 0,53 | 1,27 |

**Табл. 11 Ускорение тележки и натяжение нити по табл. 5**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | 𝑚, г | 𝑎, м/с^2 | 𝑇, мН |
| 1 | 1,83 | 0,273 | 17,471 |
| 2 | 2,67 | 0,396 | 25,161 |
| 3 | 3,53 | 0,548 | 32,729 |
| 4 | 4,37 | 0,699 | 39,858 |
| 5 | 5,24 | 0,822 | 47,147 |
| 6 | 5,84 | 0,915 | 52,003 |
| 7 | 6,45 | 1,025 | 56,730 |

**График зависимости силы натяжения нити от ускорения по табл. 11**





**Масса тележки, погрешность и сила трения**

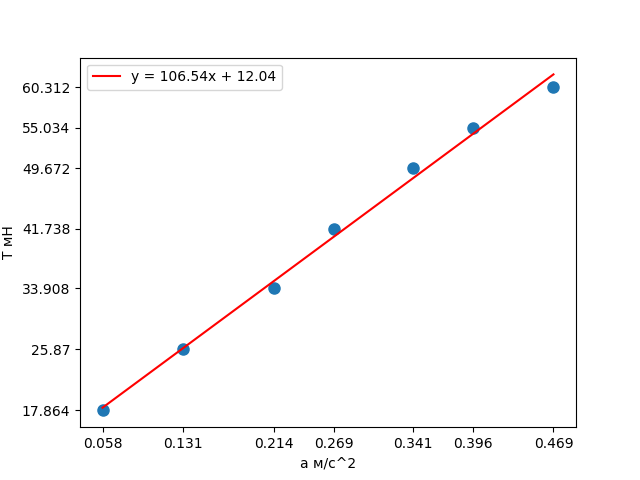
**Табл. 6 Разгоняемое тело – тележка, M1 = 95,3**

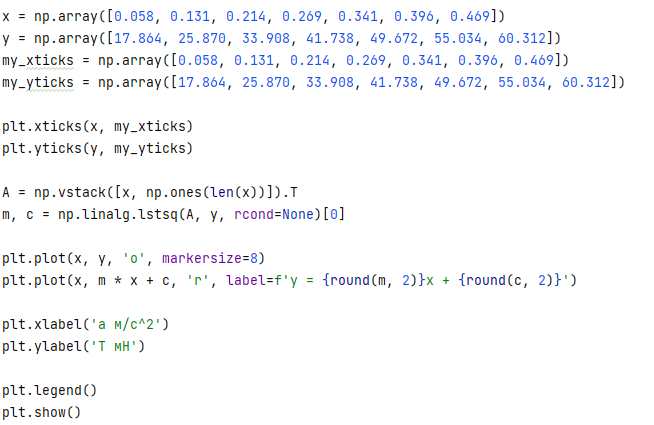
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | m г | v1 м/с | v2 м/с |
| 1 | подвеска | 1,83 | 0,12 | 0,3 |
| 2 | подвеска +1 | 2,67 | 0,18 | 0,45 |
| 3 | подвеска +2 | 3,53 | 0,24 | 0,58 |
| 4 | подвеска +3 | 4,37 | 0,27 | 0,65 |
| 5 | подвеска +4 | 5,24 | 0,3 | 0,73 |
| 6 | подвеска +5 | 5,84 | 0,33 | 0,79 |
| 7 | подвеска +6 | 6,45 | 0,36 | 0,86 |

**Табл. 12 Ускорение тележки и натяжение нити по табл. 6**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | 𝑚, г | 𝑎, м/с^2 | 𝑇, мН |
| 1 | 1,83 | 0,058 | 17,864 |
| 2 | 2,67 | 0,131 | 25,870 |
| 3 | 3,53 | 0,214 | 33,908 |
| 4 | 4,37 | 0,269 | 41,738 |
| 5 | 5,24 | 0,341 | 49,672 |
| 6 | 5,84 | 0,396 | 55,034 |
| 7 | 6,45 | 0,469 | 60,312 |

**График зависимости силы натяжения нити от ускорения по табл. 12**

****



**Масса тележки, погрешность и сила трения**

6) Выводы

В результате проведения исследования центрального соударения двух тел было выяснено, что после абсолютно упругого и неупругого соударения происходят потери импульса и механической энергии.

В результате проведения исследования зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки было выяснено, что с увеличением массы утяжелителя растет ускорение тела и сила натяжения нити, с увеличением массы тела падает ускорение и растет сила натяжения нити, что подтверждает второй закон Ньютона