|  |  |
| --- | --- |
| Группа P3212 | К работе допущен |
| Студент Балин Артем Алексеевич | Работа выполнена |
| Преподаватель Егоров М.Ю. | Отчет принят |

**Рабочий протокол и отчет по  
лабораторной работе № 1.03**

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

1. Цель работы.
2. Исследование упругого и неупругого центрального соударения тел на примере тележек,

движущихся с малым трением.

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

2. 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.

3. Объект исследования.

Тележки, скользящие с малым трением по горизонтальному рельсу, массой m1 и m2. Система, состоящая из тележки M и гирьки m, соединенных невесомой нерастяжимой нитью.

4. Метод экспериментального исследования.

Многократные измерения при изменении нескольких показателей установки и самих тел. Расчёт скорости тележки под действием постоянной̆ силы.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Выражения для скоростей при абсолютно упругом центральном соударении двух тел массами:

Изображение выглядит как текст, Шрифт, белый, линия

Автоматически созданное описание

Скорость движения тел по модулю после абсолютно неупругого соударения:

Изображение выглядит как Шрифт, текст, белый, линия

Автоматически созданное описание

Потери механической энергии при соударении:

Изображение выглядит как Шрифт, текст, белый, линия

Автоматически созданное описание

Относительные потери механической энергии при неупругом соударении:

Изображение выглядит как Шрифт, текст, белый, число

Автоматически созданное описание

Сила натяжения нити и ускорение тележки связаны соотношением:

Изображение выглядит как Шрифт, типография, текст, белый

Автоматически созданное описание

6. Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Предел измерений** | **Цена деления** | **Класс точности** | **Δи** |
| Линейка на рельсе | **1,3м** | **1.0 cм/дем** | **-** | **0.5 см** |
| ПКЦ-3 в режиме измерения скорости | **9.99 м/с** | **0.01 м/c** | **-** | **0.01 м/с** |
| Лабораторные весы | **250 г** | **0.01 г** | **-** | **0.01 г** |

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



1. Рельс сантиметровой̆ шкалой̆ на лицевой̆ стороне
2. Тележка
3. Воздушный̆ насос
4. Источник питания насоса ВС 4-12
5. Опоры рельса
6. Опорная плоскость (поверхность стола)
7. Фиксирующий̆ электромагнит
8. Оптические ворота
9. Цифровой̆ измерительный̆ прибор ПКЦ-3
10. Пульт дистанционного управления прибором ПКЦ-3

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

Таблица 1.1 (1)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10x, м/с | v1x, м/с | v2x, м/с |
| 1 | 49,93 | 49,92 | 0,48 | 0,44 | 0,04 |
| 2 | 0,49 | 0,46 | 0,05 |
| 3 | 0,48 | 0,44 | 0,04 |
| 4 | 0,49 | 0,46 | 0,05 |
| 5 | 0,49 | 0,46 | 0,05 |

Таблица 1.2 (2)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10x, м/с | v1x, м/с | v2x, м/с |
| 1 | 49,93 | 101,00 | 0,49 | 0,35 | -0,05 |
| 2 | 0,49 | 0,35 | -0,05 |
| 3 | 0,43 | 0,25 | -0,07 |
| 4 | 0,43 | 0,25 | -0,07 |
| 5 | 0,49 | 0,29 | -0,10 |

Таблица 2.1 (3)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10, м/с | v, м/с |
| 1 | 52,07 | 52,24 | 0,48 | 0,18 |
| 2 | 0,47 | 0,19 |
| 3 | 0,48 | 0,20 |
| 4 | 0,47 | 0,20 |
| 5 | 0,48 | 0,20 |

Таблица 2.2 (4)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10, м/с | v, м/с |
| 1 | 52,07 | 103,33 | 0,47 | 0,12 |
| 2 | 0,48 | 0,13 |
| 3 | 0,48 | 0,10 |
| 4 | 0,48 | 0,14 |
| 5 | 0,48 | 0,13 |

Таблица 4.1 (абс упр) (7)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x, мН\*с | p1x, мН\*с | p2x, мН\*с | δp | δW |
| 1 | 23,97 | 21,97 | 1,97 | -0,001 | -0,15 |
| 2 | 24,47 | 22,97 | 2,49 | 0,040 | -0,11 |
| 3 | 23,97 | 21,97 | 1,97 | -0,001 | -0,15 |
| 4 | 24,47 | 22,97 | 2,49 | 0,040 | -0,11 |
| 5 | 24,47 | 22,97 | 2,49 | 0,040 | -0,11 |

Таблица 4.2 (абс неупр) (8)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x, Н\*с | p1x, мН\*с | p2x, мН\*с | δp | δW |
| 1 | 24,47 | 17,48 | -5.05 | -0,492 | -0,47 |
| 2 | 24,47 | 17,48 | -5.05 | -0,492 | -0,47 |
| 3 | 21,47 | 12,48 | -7.07 | -0,748 | -0,61 |
| 4 | 21,47 | 12,48 | -7.07 | -0,748 | -0,61 |
| 5 | 24,47 | 14,48 | -10.10 | -0,821 | -0,57 |

Таблица 5.1 (9)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10, мН\*с | p, мН\*с | δp |  |  |
| 1 | 24.99 | 18.7758 | -0.25 | -0.72 | -0.50 |
| 2 | 24.47 | 19.8189 | -0.19 | -0.67 |
| 3 | 24.99 | 20.862 | -0.17 | -0.65 |
| 4 | 24.47 | 20.862 | -0.15 | -0.64 |
| 5 | 24.99 | 20.862 | -0.17 | -0.65 |

Таблица 5.2 (10)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10, мН\*с | p, мН\*с | δp |  |  |
| 1 | 24.47 | 18.65 | -0.24 | -0.81 | -0.66 |
| 2 | 24.99 | 20.2 | -0.19 | -0.78 |
| 3 | 24.99 | 15.54 | -0.38 | -0.87 |
| 4 | 24.99 | 21.76 | -0.13 | -0.75 |
| 5 | 24.99 | 20.2 | -0.19 | -0.78 |

Для задания 2:

Таблица 3.1 (5)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | m, г | v1, м/с | v2, м/с |
| 1 | Подвеска | 1,73 | 0,28 | 0,64 |
| 2 | подвеска + одна шайба | 2,56 | 0,35 | 0,81 |
| 3 | подвеска + две шайбы | 3,41 | 0,42 | 0,95 |
| 4 | подвеска + три шайбы | 4,25 | 0,46 | 1,05 |
| 5 | подвеска + четыре шайбы | 5,11 | 0,50 | 1,14 |
| 6 | подвеска + пять шайб | 6,04 | 0,54 | 1,23 |
| 7 | подвеска + шесть шайб | 6,78 | 0,58 | 1,31 |

Масса тележки M1= 49,93

Таблица 3.2 (6)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | m, г | v1, м/с | v2, м/с |
| 1 | Подвеска | 1.73 | 0,14 | 0,31 |
| 2 | подвеска + одна шайба | 2,56 | 0,20 | 0,46 |
| 3 | подвеска + две шайбы | 3,41 | 0,24 | 0,56 |
| 4 | подвеска + три шайбы | 4,25 | 0,28 | 0,66 |
| 5 | подвеска + четыре шайбы | 5,11 | 0,32 | 0,74 |
| 6 | подвеска + пять шайб | 6,04 | 0,35 | 0,80 |
| 7 | подвеска + шесть шайб | 6,78 | 0,41 | 0,95 |

Масса тележки M2= 99,08

Таблица 6.1 (11)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m, г | a, м/с2 | T, мН |
| 1 | 1,73 | 0,25 | 16,56 |
| 2 | 2,56 | 0,41 | 24,09 |
| 3 | 3,41 | 0,56 | 31,58 |
| 4 | 4,25 | 0,69 | 38,80 |
| 5 | 5,11 | 0,81 | 46,04 |
| 6 | 6,04 | 0,94 | 53,64 |
| 7 | 6,78 | 1,06 | 59,39 |

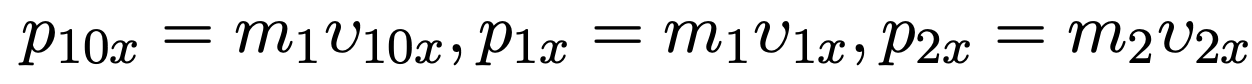
Таблица 6.2 (12)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m, г | a, м/с2 | T, мН |
| 1 | 1,73 | 0,06 | 16,88 |
| 2 | 2,56 | 0,13 | 24,81 |
| 3 | 3,41 | 0,20 | 32,80 |
| 4 | 4,25 | 0,27 | 40,59 |
| 5 | 5,11 | 0,34 | 48,44 |
| 6 | 6,04 | 0,40 | 56,90 |
| 7 | 6,78 | 0,56 | 62,78 |

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

**Часть 1**

По данным таблицы 1 рассчитали и занесли в таблицу 7 импульсы тел по формулам:



Вычислили для каждой̆ строки таблицы 7 относительные изменения импульса и кинетической энергии системы при соударении.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, чек, белый

Автоматически созданное описание

Занесли результаты в таблицу. Рассчитали средние значения относительных изменений импульса и энергии по двум последним колонкам таблицы 7:

Изображение выглядит как Шрифт, линия, диаграмма, белый

Автоматически созданное описание

По данным таблицы 2 вычислили импульсы и относительные изменения импульса и энергии. Результаты представили в таблице 8. По двум последним колонкам таблицы 8 нашли средние значения ,

По данным из 2 заполнили таблицу 9, где







Вычислили и занесли в таблицу экспериментальное и теоретическое значение относительного изменения механической̆ энергии, по формулам:

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, число

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, Шрифт, белый, линия

Автоматически созданное описание

**Часть 2**

Используя значения координат оптических ворот = 0,150 м, = 0,800 м и данные из таблицы 5, вычислили и записали в таблицу 11 ускорение 𝑎 тележки и силу 𝑇 натяжения нити:

Изображение выглядит как Шрифт, текст, рукописный текст, линия

Автоматически созданное описание

Пользуясь таблицей̆ 11, нанесли на график точки экспериментальной̆ зависимости 𝑇 от 𝑎 .

Нашли массу тележки (как коэффициент наклона экспериментальной̆ зависимости 𝑇 (𝑎)) и ее погрешность Δ методом наименьших квадратов (МНК).

53,91

Δ 2,13

Нашли методом наименьших квадратов (МНК) величину силы трения , как свободное слагаемое экспериментальной̆ зависимости 𝑇(𝑎).

2,47

Построили с помощью найденных по МНК параметров и на той же координатной сетке, что в п.2 , график зависимости 𝑇(𝑎). Выполнили те же действия для данных из таблицы 6, заполнив таблицу 12, подобную таблице 11, построив на той же координатной̆ сетке, график зависимости 𝑇 от 𝑎 при разгоне утяжелённой тележки.

96,94

Δ 16,42

13,32

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

По разбросу отдельных значений , из первого опыта, где изучали упругий удар, нашли погрешности их средних значений.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, белый

Автоматически созданное описание

По разбросу отдельных значений , из второго опыта, где изучали неупругий удар, нашли погрешности их средних значений.

Доверительные интервалы для упругого удара:

Доверительные интервалы для упругого удара с утяжелением одной из тележек:

Доверительные интервалы для неупругого удара:

Доверительные интервалы для неупругого удара с утяжелением одной из тележек:

Доверительные интервалы для массы тележки с утяжелением и без утяжеления:

11. Графики.

12. Выводы и анализ результатов работы.