|  |  |
| --- | --- |
| Группа: М3213  Студент: Ершова Мария Сергеевна  Преподаватель: Шоев Владислав Иванович | К работе допущен\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Работа выполнена\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Отчёт принят\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

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

Изучение центрального соударения двух тел. Проверка второго закона Ньютона

1. Цель работы.

* Исследование упругого и неупругого центрального соударения тел на примере тележек, движущихся с малым трением.
* Исследование зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы.

* Измерение скоростей тележек до и после соударения.
* Измерение скорости тележки при ее разгоне под действием постоянной силы.
* Исследование потерь импульса и механической энергии при упругом и неупругом соударении двух тележек.
* Исследование зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки. Проверка второго закона Ньютона.

3. Объект исследования

Исследование потерь импульса и механической энергии при упругом и неупругом соударении двух тележек, а также исследование зависимости ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки. Проверка второго закона Ньютона.

4. Метод экспериментального исследования

На левом конце рельса дополнительно к электромагнитному крепиться пружинное кольцо, которое используется для придания начальной скорости тележке на левом конце рельс, вторая же тележка ставиться на некотором расстоянии от левого конца(x) далее скорость измеряется цифровым прибором ПКЦ-3 с оптическими воротами. Измеряется масса двух тележек: m1, m2 соответственно. Далее проводится N измерений скорости тележек и вносится в таблицу (упругое соодурание), после проводится N измерений для неупругого соударения, результаты также вносятся в таблицу.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

* *m* – масса
* *V* – скорость
* *p* – импульс
* 𝑊пот – потери механической энергии при соударении
* 𝑎 – ускорения
* 𝑇 – силы натяжения нити
* 𝑖 – номер опыта
* 𝑁 – общее число опытов
* 𝑡 𝛼 дов, 𝑁 – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 𝛼 = 0,95 и количества измерений *N*

Импульсы тел (15):

Изображение выглядит как текст, Шрифт, типография, белый

Автоматически созданное описание

Относительные изменения импульса и кинетической энергии системы при соударении по формулам (16), (17):

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

Cредние значения ¯𝛿𝑝 , ¯𝛿𝑊 относительных изменений импульса и энергии (18):

Изображение выглядит как Шрифт, диаграмма, линия, белый

Автоматически созданное описание

погрешности их средних значений ¯𝛿𝑝 , ¯𝛿𝑊 (19):

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, диаграмма

Автоматически созданное описание

импульс системы до соударения (20):



импульс системы после соударения (21):



относительное изменение импульса (22):

Изображение выглядит как Шрифт, типография, текст, линия

Автоматически созданное описание

Экспериментальное значение относительного изменения механической энергии (23):

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, белый

Автоматически созданное описание

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии (24):

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, число

Автоматически созданное описание

Ускорение 𝑎 тележки и силу 𝑇 натяжения нити (25):

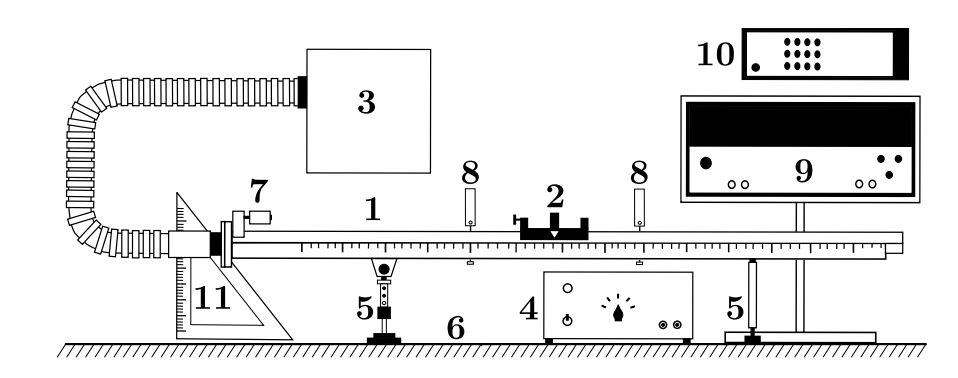
Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

6. Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование средства измерения | Предел измерений | Цена деления | Класс точности | Погрешность |
| Линейка на рельсе | 1.3 м | 1 см/дел | "-" | 0.5 см |
| ПКЦ-3 в режиме измерения скорости | 9.99 м/с | 0.01 м/с | "-" | 0.01 м/с |
| Лабораторные весы | 250г | 0.1 г | "-" | 0.01 г |

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



1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне
2. Сталкивающиеся тележки

З. Воздушный насос

4. Источник питания насоса ВС 4-12

5. Опоры рельса

6. Опорная плоскость (поверхность стола)

7. Фиксирующий электромагнит

1. Оптические ворота
2. Цифровой измерительный прибор ПКЦ-З
3. Пульт дистанционного управления прибором ПКЦ-З
4. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчётов).

Таблица 1. Абсолютно упрутое соударение.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | m1 | m2 | v10x | v1x | v2x |
| 1 | 50,56 | 48,12 | 0,48 | 0,08 | 0,30 |
| 2 | 50,56 | 48,12 | 0,46 | 0,07 | 0,29 |
| 3 | 50,56 | 48,12 | 0,47 | 0,07 | 0,30 |
| 4 | 50,56 | 48,12 | 0,48 | 0,07 | 0,30 |
| 5 | 50,56 | 48,12 | 0,46 | 0,07 | 0,29 |

Таблица 2. Абсолютно упругое соударение с утяжелителем.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | m1 | m2 | v10x | v1x | v2x |
| 1 | 48,12 | 97,07 | 0,48 | -0,04 | 0,17 |
| 2 | 48,12 | 97,07 | 0,47 | 0,00 | 0,15 |
| 3 | 48,12 | 97,07 | 0,45 | -0,05 | 0,19 |
| 4 | 48,12 | 97,07 | 0,49 | -0,05 | 0,19 |
| 5 | 48,12 | 97,07 | 0,49 | 0,00 | 0,16 |

Таблица 3. Абсолютно неупругое соударение.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | m1 | m2 | v10 | v |
| 1 | 50,64 | 53,78 | 0,47 | 0,22 |
| 2 | 50,64 | 53,78 | 0,45 | 0,21 |
| 3 | 50,64 | 53,78 | 0,45 | 0,22 |
| 4 | 50,64 | 53,78 | 0,46 | 0,22 |
| 5 | 50,64 | 53,78 | 0,47 | 0,23 |

Таблица 4. Абсолютно неупругое соударение с утяжелителем.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | m1 | m2 | v10 | v |
| 1 | 50,64 | 99,61 | 0,47 | 0,06 |
| 2 | 50,64 | 99,61 | 0,41 | 0,08 |
| 3 | 50,64 | 99,61 | 0,47 | 0,11 |
| 4 | 50,64 | 99,61 | 0,44 | 0,09 |
| 5 | 50,64 | 99,61 | 0,46 | 0,17 |

Таблица 5. Разгоняемое тело - тележка mass = 50,56.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Состав гирьки | m | v1 | v2 |
| 1 | подвеска | 1,87 | 0,27 | 0,65 |
| 2 | подвеска +1 | 2,71 | 0,33 | 0,78 |
| 3 | подвеска +2 | 3,32 | 0,41 | 0,93 |
| 4 | подвеска +3 | 4,14 | 0,44 | 1,03 |
| 5 | подвеска +4 | 5,02 | 0,47 | 1,11 |
| 6 | подвеска +5 | 5,87 | 0,51 | 1,21 |
| 7 | подвеска +6 | 6,46 | 0,52 | 1,24 |

Таблица 6. Разгоняемое тело - тележка mass = 97,07.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Состав гирьки | m | v1 | v2 |
| 1 | подвеска | 1,87 | 0,16 | 0,27 |
| 2 | подвеска +1 | 2,71 | 0,19 | 0,35 |
| 3 | подвеска +2 | 3,32 | 0,21 | 0,48 |
| 4 | подвеска +3 | 4,14 | 0,22 | 0,52 |
| 5 | подвеска +4 | 5,02 | 0,26 | 0,61 |
| 6 | подвеска +5 | 5,87 | 0,27 | 0,63 |
| 7 | подвеска +6 | 6,46 | 0,29 | 0,67 |

1. Расчёт результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчётов).

Таблица 7.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x, мН\*с | p1x, мН\*с | p2x, мН\*с | δp | δW |
| 1 | 24,27 | 4,04 | 14,44 | -0,24 | -0,98 |
| 2 | 23,26 | 3,54 | 13,95 | -0,25 | -0,98 |
| 3 | 23,76 | 3,54 | 14,44 | -0,24 | -0,98 |
| 4 | 24,27 | 3,54 | 14,44 | -0,26 | -0,98 |
| 5 | 23,26 | 3,54 | 13,95 | -0,25 | -0,98 |

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,25 |
| δW= | -0,98 |
| ∆δp = | 0,009631 |
| ∆δW = | 0,001944 |

Таблица 8.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x, мН\*с | p1x, мН\*с | p2x, мН\*с | δp | δW |
| 1 | 23,10 | -1,92 | 16,50 | -0,37 | -0,99 |
| 2 | 22,62 | 0,00 | 14,56 | -0,36 | -0,99 |
| 3 | 21,65 | -2,41 | 18,44 | -0,26 | -0,98 |
| 4 | 23,58 | -2,41 | 18,44 | -0,32 | -0,98 |
| 5 | 23,58 | 0,00 | 15,53 | -0,34 | -0,99 |

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,33 |
| δW = | -0,99 |
| ∆δp = | 0,053905 |
| ∆δW = | 0,003788 |

Таблица 9.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10, мН\*с | p, мН\*с | δp | δW (э) | δW (Т) |
| 1 | 23,80 | 22,97 | -0,03 | -0,98 | -0,52 |
| 2 | 22,79 | 21,93 | -0,04 | -0,98 | -0,52 |
| 3 | 22,79 | 22,97 | 0,01 | -0,98 | -0,52 |
| 4 | 23,29 | 22,97 | -0,01 | -0,98 | -0,52 |
| 5 | 23,80 | 24,02 | 0,01 | -0,98 | -0,52 |

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,01 |
| δW = | -0,98 |
| ∆δp = | 0,028112 |
| ∆δW = | 0,002645 |

Таблица 10.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10, мН\*с | p, мН\*с | δp | δW (э) | δW (Т) |
| 1 | 23,80 | 9,02 | -0,62 | -1,00 | -0,66 |
| 2 | 20,76 | 12,02 | -0,42 | -1,00 | -0,66 |
| 3 | 23,80 | 16,53 | -0,31 | -0,99 | -0,66 |
| 4 | 22,28 | 13,52 | -0,39 | -1,00 | -0,66 |
| 5 | 23,29 | 25,54 | 0,10 | -0,98 | -0,66 |

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,33 |
| δW = | -0,99 |
| ∆δp = | 0,331058 |
| ∆δW = | 0,008073 |

Таблица 11.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m, г | a, м/с^2 | T, мН |
| 1 | 1,87 | 0,27 | 17,86 |
| 2 | 2,71 | 0,38 | 25,58 |
| 3 | 3,32 | 0,54 | 30,81 |
| 4 | 4,14 | 0,67 | 37,88 |
| 5 | 5,02 | 0,78 | 45,38 |
| 6 | 5,87 | 0,93 | 52,18 |
| 7 | 6,46 | 0,97 | 57,17 |

Таблица 12.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m, г | a, м/с^2 | T, мН |
| 1 | 1,87 | 0,04 | 18,29 |
| 2 | 2,71 | 0,07 | 26,42 |
| 3 | 3,32 | 0,14 | 32,14 |
| 4 | 4,14 | 0,17 | 39,95 |
| 5 | 5,02 | 0,23 | 48,14 |
| 6 | 5,87 | 0,25 | 56,18 |
| 7 | 6,46 | 0,28 | 61,63 |

11. Графики (перечень графиков, которые составляют Приложение 2).

12. Окончательные результаты.

Таблица 7:

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,25 |
| δW= | -0,98 |
| ∆δp = | 0,009631 |
| ∆δW = | 0,001944 |

доверительный интервал δр: [-0,26; -0,24]

доверительный интервал δw: [-0,98; -0,98]

Таблица 8:

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,33 |
| δW = | -0,99 |
| ∆δp = | 0,053905 |
| ∆δW = | 0,003788 |

доверительный интервал δр: [-0,37; -0,26]

доверительный интервал δw: [-0,99; -0,98]

Таблица 9:

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,01 |
| δW = | -0,98 |
| ∆δp = | 0,028112 |
| ∆δW = | 0,002645 |

доверительный интервал δр: [-0,04; 0,01]

доверительный интервал δw: [-0,98; -0,98]

Таблица 10:

|  |  |
| --- | --- |
| δp = | -0,33 |
| δW = | -0,99 |
| ∆δp = | 0,331058 |
| ∆δW = | 0,008073 |

доверительный интервал δр: [-0,62; 0,10]

доверительный интервал δw: [-1,00; -0,98]

Таблица 11:

ср значение a = 0,65

ср значение T = 38,12

Таблица 12:

ср значение a = 0,17

ср значение T = 40,39

13. Выводы и анализ результатов работы.

В результате работы мы выяснили, что при центральном соударении двух тел происходит потери импульса и потери механической энергии после абсолютно упругого и абсолютно неупругого удара соответственно.

Помимо этого, мы поняли, что с ускорение и сила натяжения нити растет при увеличении массы утяжелителя. При этом при увеличении массы тела его ускорение падает, а сила натяжения нити растет, это подтверждает второй закон Ньютона.

14. Дополнительные задания.

15. Выполнение дополнительных заданий.

16. Замечания преподавателя (исправления, вызванные замечаниями преподавателя, также помещают в этот пункт).

***Примечание:*** 1. *Пункты 1-13 Протокола-отчета*

*обязательны для заполнения.*

* 1. *Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе-отчете.*
  2. *Для построения графиков используют только миллиметровую бумагу.*
  3. *Приложения 1 и 2 вкладывают в бланк протокола-отчета.*