***Лабораторная работа 1.03***

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

*Выполнил: Лев Чечулин*

*Группа: М3113 (М3102)*

*Работа выполнена: 12.04.2021*

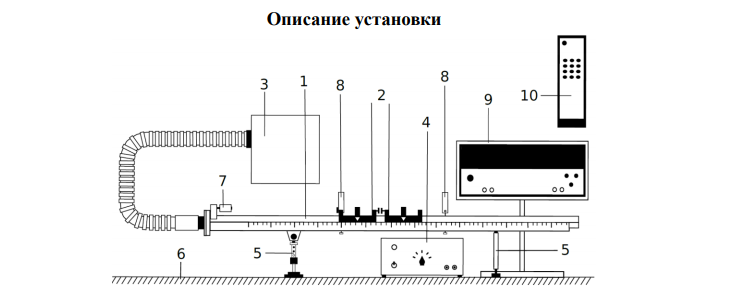
Цель работы:

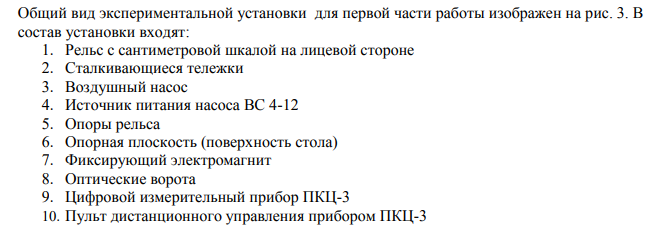
1. Исследование упругого и неупругого центрального соударения тел на примере тележек,

движущихся с малым трением.

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

Лабораторная установка:





Сделаем измерения и обработаем результаты

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10x, м/с | v1x, м/с | v2x, м/с |
| 1 | 51,2 | 48,8 | 0,45 | 0,05 | 0,4 |
| 2 | 0,47 | 0,06 | 0,42 |
| 3 | 0,48 | 0,05 | 0,42 |
| 4 | 0,47 | 0,05 | 0,42 |
| 5 | 0,46 | 0,05 | 0,41 |

Таблица 1.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10x, м/с | v1x, м/с | v2x, м/с |
| 1 | 51,2 | 97,7 | 0,46 | -0,07 | 0,27 |
| 2 | 0,45 | -0,07 | 0,26 |
| 3 | 0,47 | -0,08 | 0,26 |
| 4 | 0,47 | -0,06 | 0,26 |
| 5 | 0,44 | -0,06 | 0,2 |

Таблица 2.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10, м/с | v, м/с |
| 1 | 53,5 | 52 | 0,45 | 0,22 |
| 2 | 0,45 | 0,21 |
| 3 | 0,46 | 0,21 |
| 4 | 0,47 | 0,21 |
| 5 | 0,47 | 0,22 |

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m1, г | m2, г | v10, м/с | v, м/с |
| 1 | 53,5 | 100,9 | 0,47 | 0,16 |
| 2 | 0,46 | 0,14 |
| 3 | 0,47 | 0,15 |
| 4 | 0,46 | 0,15 |
| 5 | 0,47 | 0,14 |
|  |  |  |  |  |

Таблица 3.1

Mт = 49,5 г

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | m, г | v1, м/с | v2, м/с |
| 1 | подвеска | 1,7 | 0,2 | 0,6 |
| 2 | подвеска с 1 шайбой | 2,6 | 0,22 | 0,7 |
| 3 | подвеска с 2 шайбами | 3,5 | 0,29 | 0,86 |
| 4 | подвеска с 3 шайбами | 4,4 | 0,33 | 0,93 |
| 5 | подвеска с 4 шайбами | 5,3 | 0,35 | 1,01 |
| 6 | подвеска с 5 шайбами | 6,2 | 0,38 | 1,11 |
| 7 | подвеска с 6 шайбами | 7,1 | 0,39 | 1,21 |

Таблица 3.2

Mт = 98,4 г

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | Состав гирьки | m, г | v1, м/с | v2, м/с |
| 1 | подвеска | 1,7 | 0,14 | 0,45 |
| 2 | подвеска с 1 шайбой | 2,6 | 0,17 | 0,54 |
| 3 | подвеска с 2 шайбами | 3,5 | 0,19 | 0,59 |
| 4 | подвеска с 3 шайбами | 4,4 | 0,23 | 0,71 |
| 5 | подвеска с 4 шайбами | 5,3 | 0,25 | 0,76 |
| 6 | подвеска с 5 шайбами | 6,2 | 0,27 | 0,84 |
| 7 | подвеска с 6 шайбами | 7,1 | 0,29 | 0,9 |

Обработка результатов измерения:

1. Для построения следующей таблицы воспользуемся таблицей 1.1 и найдём значения импульсов по формуле: p = mv

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10x, м/с | p1x, м/с | p2x, м/с | δp | δw |
| 1 | 23,04 | 2,56 | 19,52 | -0,04167 | -0,23457 |
| 2 | 24,064 | 3,072 | 20,496 | -0,02061 | -0,22258 |
| 3 | 24,576 | 2,56 | 20,496 | -0,06185 | -0,25941 |
| 4 | 24,064 | 2,56 | 20,496 | -0,04189 | -0,22756 |
| 5 | 23,552 | 2,56 | 20,008 | -0,04178 | -0,231 |

1. Так же найдём относительные изменения импульса и кинетической энергии системы при соударении, δp и δw.

Так же посмотрим, насколько в среднем отклонились опытные исследования от законов из-за неучтённых факторов, таких, как потери энергии при соударении.

А также посчитаем среднеквадратичное отклонение относительных изменений импульса и кинетической энергии.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| (𝛿𝑝) ̅ | (𝛿w) ̅ |  | ∆(𝛿𝑝) ̅ | ∆(𝛿w) ̅ |
| -0,04 | -0,23503 |  | 0,01813 | 0,017818 |

Осталось найти доверительный интервал. Степень свободы равна N – 1 = 4. Значит, коэффициент Стьюдента равен 2,78 для доверительной вероятности 0.95

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| δp | |  | δw | |
| от | до |  | от | до |
| -0,09196 | 0,008843 |  | -0,28456 | -0,18549 |

1. Таблицу 4.2 построим по абсолютной аналогии по таблице 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | | | | p10x, H\*c | | p1x, H\*c | | p2x, H\*c | | δp | | δw | |
| 1 | | | | 23,552 | | -3,584 | | 26,379 | | -0,03214 | | -0,31943 | |
| 2 | | | | 23,04 | | -3,584 | | 25,402 | | -0,05304 | | -0,33879 | |
| 3 | | | | 24,064 | | -4,096 | | 25,402 | | -0,11461 | | -0,38708 | |
| 4 | | | | 24,064 | | -3,072 | | 25,402 | | -0,07206 | | -0,39975 | |
| 5 | | | | 22,528 | | -3,072 | | 24,425 | | -0,05216 | | -0,36538 | |
| коэф. Ст. |  | | |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |
| 2,78 |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  | |  | | δp | | | |  | | δw | |
| (𝛿𝑝) ̅ | (𝛿w) ̅ | | |  | ∆(𝛿𝑝) ̅ | | ∆(𝛿w) ̅ | |  | | от | | до | |  | | от | до |
| -0,06 | -0,36209 | | |  | 0,038813 | | 0,04131 | |  | | -0,1727 | | 0,0431 | |  | | -0,47693 | -0,24725 |

1. Для построения следующей таблицы воспользуемся таблицей 2.1 и опять найдём значения импульсов.

Также, как и раньше, найдём относительное отклонение импульса и относительное отклонение энергии в каждом опыте, исходя из экспериментальных данных.

Также вычислим относительное отклонение импульса теоретически, исходя из масс тел по формуле:

И сравним теорию с практикой.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10, H\*c | p, H\*c | δp | δw(э) | δw(т) |
| 1 | 24,075 | 23,21 | -0,03593 | -0,52868 | -0,49289 |
| 2 | 24,075 | 22,155 | -0,07975 | -0,57055 | -0,49289 |
| 3 | 24,61 | 22,155 | -0,09976 | -0,58902 | -0,49289 |
| 4 | 25,145 | 22,155 | -0,11891 | -0,60632 | -0,49289 |
| 5 | 25,145 | 23,21 | -0,07695 | -0,56794 | -0,49289 |

Теперь, как и в предыдущих таблицах, вычислим среднее отклонение и доверительный интервал.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| коэф. Ст. |  | (𝛿𝑝) ̅ | (𝛿w) ̅ |  | ∆(𝛿𝑝) ̅ | ∆(𝛿w) ̅ |
| 2,78 |  | -0,08 | -0,5725 |  | 0,038472 | 0,036043 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | от | до |  |  |  |  |
| 𝛿𝑝 | -0,12 | -0,04 |  |  |  |  |
| 𝛿w | -0,60854 | -0,53646 |  |  |  |  |

1. Всё то же самое проделаем для четвёртого эксперимента

(табл. 2.2)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | p10, H\*c | p, H\*c | δp | δw(э) | δw(т) |
| 1 | 25,145 | 24,704 | -0,01754 | -0,66554 | -0,6535 |
| 2 | 24,61 | 21,616 | -0,12166 | -0,73268 | -0,6535 |
| 3 | 25,145 | 23,16 | -0,07894 | -0,70605 | -0,6535 |
| 4 | 24,61 | 23,16 | -0,05892 | -0,69313 | -0,6535 |
| 5 | 25,145 | 21,616 | -0,14035 | -0,74393 | -0,6535 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| коэф. Ст. |  | (𝛿𝑝) ̅ | (𝛿w) ̅ |  | ∆(𝛿𝑝) ̅ | ∆(𝛿w) ̅ |
| 2,78 |  | -0,08 | -0,70827 |  | 0,061108 | 0,038956 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | от | до |  |  |  |  |
| 𝛿𝑝 | -0,14 | -0,02 |  |  |  |  |
| 𝛿w | -0,74722 | -0,66931 |  |  |  |  |

1. Вычислим силу натяжения нити и ускорение тележки по формулам:



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m, г | a, м/с^2 | T, H | d[i] | ∆Mi |
| 1 | 1,7 | 0,246153846 | 16,27554 | -1,93531 | 4,795845 |
| 2 | 2,6 | 0,339692308 | 24,6488 | 0,665781 | 5,06007 |
| 3 | 3,5 | 0,504230769 | 32,60519 | -1,53135 | 5,674783 |
| 4 | 4,4 | 0,581538462 | 40,64923 | 1,742103 | 6,015987 |
| 5 | 5,3 | 0,690461538 | 48,38655 | 2,757881 | 6,540362 |
| 6 | 6,2 | 0,836692308 | 55,69651 | 1,044065 | 7,306769 |
| 7 | 7,1 | 1,009230769 | 62,55646 | -2,74317 | 8,277946 |

Далее построим график зависимости Т(а)

Воспользуемся методом МНК и отыщем линейную зависимость между результатами измерений.

Для начала найдём среднее значение всех вычисленных a и T.

Затем вычислим дисперсию для ускорения.

Затем мы можем найти угловой наклон (массу тележки), как сумму произведений отклонений от среднего из вычисленных значений a и T, а затем разделить на полученную дисперсию.

После находим силу трения: Fтр = (Т) ̅ – M\*(a) ̅

Для каждого замера мы можем найти d[i] = T[i] – (Fтр + M\*a[i])

То есть отклонение от вычисленной линейной зависимости.

Дальше найдём среднеквадратичное отклонение для Fтр и M.

Ну и осталось

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | a, м/с^2 | T, H |
| Middle | 0,601142857 | 40,1169 |
| D | 0,434146987 |  |
| M | 61,70910097 |  |
| Fтр | 3,020912535 |  |
| S\_{Fтр} | 3,446822749 |  |
| S\_{M} | 2,24280318 |  |

6,666224

А настоящая масса равна 49,9 г. То есть отклонена от вычисленной массы на 2 погрешности. Скорее всего на измерения влиял какой-то неучтённый фактор.

1. Те же самые вычисления произведём для таблицы 3.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | m, г | a, м/с^2 | T, H | d[i] | ∆Mi |
| 1 | 1,7 | 0,140692308 | 16,45482 | -2,22689 | 4,451267 |
| 2 | 2,6 | 0,202076923 | 25,0066 | -0,73633 | 4,744324 |
| 3 | 3,5 | 0,24 | 33,53 | 3,424689 | 4,965462 |
| 4 | 4,4 | 0,347076923 | 41,68086 | -0,74176 | 5,719007 |
| 5 | 5,3 | 0,396230769 | 49,94598 | 1,869071 | 6,114452 |
| 6 | 6,2 | 0,486692308 | 57,86651 | -0,6164 | 6,900443 |
| 7 | 7,1 | 0,558384615 | 65,75747 | -0,97238 | 7,563872 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| middle | 0,338736264 | 41,46318 |
| D | 0,141157608 |  |
| M | 115,032367 |  |
| Fтр | 2,497542715 |  |
| S\_{Fтр} | 5,658557231 |  |
| S\_{M} | 2,078375276 |  |

4,45

А настоящая масса 98,4 г.

Опять получилось немного больше реальности.

1. Вывод: были произведены все необходимые вычисления и найдены доверительные интервалы для относительных изменений импульса и энергии при упругом и неупругом

соударениях двух легких тележек и соударениях легкой тележки с утяжеленной.

Сразу 2 графика зависимости Т(а) на одной координатной сетке в ситуации с обычной тележкой и утяжелённой:

В этой лабораторной мы изучили МНК для определения линейной зависимости в выборке.

И смогли вычислить массу тележки, исходя только из массы груза и скорости тележки, проходящей через оптические ворота.