

Группа М3201

К работе допущен \_\_\_\_\_

Студенты Ткачук С.А. 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

#### 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

Упругое и неупругое соударения

#### 4. Метод экспериментального исследования

Лабораторный

#### 5. Рабочие формулы и исходные данные

Формулы:

Импульсы 1-го тела до удара, 1-го тела после удара и 2-го тела после удара ( $m_1$  - масса 1-го тела,  $m_2$  - масса 2-го тела,  $v_{10x}$  - проекция скорости 1-го тела до удара на ось  $OX$ ,  $v_{1x}$  - проекция скорости 1-го тела после удара на ось  $OX$ ,  $v_{2x}$  - проекция скорости 2-го тела после удара на ось  $OX$ ):  
 $p_{10x} = m_1 v_{10x}$ ,  $p_{1x} = m_1 v_{1x}$ ,  $p_{2x} = m_2 v_{2x}$  (1)

Относительное изменение импульса системы при соударении ( $p_{10x}$  - проекция импульса 1-го тела до удара на ось  $OX$ ,  $p_{1x}$  - проекция импульса 1-го тела после удара на ось  $OX$ ,  $p_{2x}$  - проекция импульса 2-го тела после удара на ось  $OX$ ):

$$\delta_p = \Delta p_x / p_{10x} = \frac{(p_{1x} + p_{2x})}{p_{10x}} - 1 \quad (2)$$

Относительное изменение кинетической энергии системы при соударении:

$$\delta_w = \Delta W_k / W_{k0} = \frac{m_1 v_{1x}^2 + m_2 v_{2x}^2}{m_1 v_{10x}^2} - 1 \quad (3)$$

Среднее значение относительного изменения импульса ( $\delta_{pi}$  -  $i$ -е значение  $\delta_p$ ,  $N$  - количество значений):

$$\overline{\delta_p} = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{pi}}{N} \quad (4)$$

Среднее значение относительного изменения энергии ( $\delta_{wi}$  -  $i$ -е значение  $\delta_w$ ,  $N$  - количество значений):

$$\overline{\delta_w} = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{wi}}{N} \quad (5)$$

Среднее значение экспериментального значения относительного изменения механической энергии ( $\delta_{wi}^{(3)}$  -  $i$ -е значение  $\delta_w^{(3)}$ ,  $N$  - количество значений):

$$\overline{\delta_w^{(3)}} = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{wi}^{(3)}}{N} \quad (6)$$

Импульс системы до соударения ( $m_1$  - масса 1-го тела,  $v_{10}$  - скорость 1-го тела до соударения)

$$p_{10} = m_1 v_{10} \quad (7)$$

Импульс системы после соударения ( $m_1$  - масса 1-го тела,  $m_2$  - масса 2-го тела,  $v$  - скорость тел после соударения)

$$p = (m_1 + m_2)v \quad (8)$$

Относительное изменение импульса ( $p$  - импульс системы после соударения,  $p_{10}$  - импульс системы до соударения):

$$\delta_p = \frac{\Delta p}{p_{10}} = \frac{p}{p_{10}} - 1 \quad (9)$$

Экспериментальное значение относительного изменения механической энергии:

$$\delta_w^{(3)} = \Delta W_k / W_{k0} = \frac{(m_1 + m_2)v_z^2}{m_1 v_{10}^2} - 1 \quad (10)$$

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии:

$$\delta_w^{(T)} = -\frac{W_{\text{пот}}}{\frac{m_1 v_{10}^2}{2}} = -\frac{m_2}{m_1 + m_2} \quad (11)$$

Ускорение тележки ( $x_1$ ,  $x_2$  - значения координат оптических ворот,  $v_1$  - начальная скорость тележки,  $v_2$  - конечная скорость тележки):

$$a = \frac{(v_2)^2 - (v_1)^2}{2(x_2 - x_1)} \quad (12)$$

Сила натяжения нити ( $m$  - масса подвешенного груза,  $g$  - ускорение свободного падения,  $a$  - ускорение тележки):

$$T = m(g - a) \quad (13)$$

Соотношение силы натяжения нити  $T$  и ускорения тележки  $a$  ( $M$  - масса тележки,  $F_{\text{тр}}$  - сила трения)

$$T = Ma + F_{\text{тр}} \quad (14)$$

Погрешность среднего значения  $\delta_p$  ( $t_{\alpha,N}$  - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности  $\alpha$  и количества проведенных измерений  $N$ ,  $\delta_{pi}$  -  $i$ -е значение  $\delta_p$ ,  $\overline{\delta_p}$  - среднее значение  $\delta_p$ ):

$$\Delta \overline{\delta_p} = t_{\alpha,N} \cdot \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (\delta_{pi} - \overline{\delta_p})^2} \quad (15)$$

Погрешность среднего значения  $\delta_W$  ( $t_{\alpha,N}$  - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности  $\alpha$  и количества проведенных измерений  $N$ ,  $\delta_{Wi}$  -  $i$ -е значение  $\delta_W$ ,  $\overline{\delta_W}$  - среднее значение  $\delta_W$ ):

$$\Delta \overline{\delta_W} = t_{\alpha,N} \cdot \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (\delta_{Wi} - \overline{\delta_W})^2} \quad (16)$$

Погрешность среднего значения  $\delta_W^{(3)}$  ( $t_{\alpha,N}$  - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности  $\alpha$  и количества проведенных измерений  $N$ ,  $\delta_{Wi}^{(3)}$  -  $i$ -е значение  $\delta_W^{(3)}$ ,  $\overline{\delta_W^{(3)}}$  - среднее значение  $\delta_W^{(3)}$ ):

$$\Delta \overline{\delta_W^{(3)}} = t_{\alpha,N} \cdot \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (\delta_{Wi}^{(3)} - \overline{\delta_W^{(3)}})^2} \quad (17)$$

Исходные данные:

$g = 9,82 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения

$\alpha = 0,95$  - доверительная вероятность

$x_1 = 0,150 \text{ м}$ ,  $x_2 = 0,800 \text{ м}$  - значения координат оптических ворот

## 6. 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

## 7. Схема установки

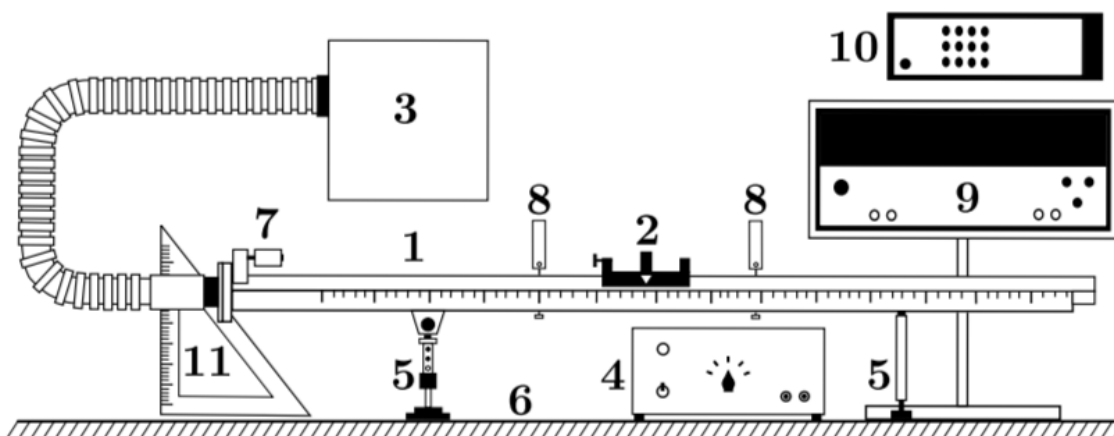


Рис. 1: общий вид экспериментальной установки: 1 - рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне, 2 - сталкивающиеся тележки, 3 - воздушный насос, 4 - источник питания насоса ВС 4-12, 5 - опоры рельса, 6 - опорная плоскость (поверхность стола), 7 - фиксирующий электромагнит, 8 -

оптические ворота, 9 - цифровой измерительный прибор ПКЦ-3, 10 - пульт дистанционного управления прибором ПКЦ-3

## 8. Результаты прямых измерений и их обработки

Таблица 1:

№ опыта	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$v_{10}$ , м/с	$v_1$ , м/с	$v_2$ , 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:

№ опыта	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$v_{10}$ , м/с	$v_1$ , м/с	$v_2$ , 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:

№ опыта	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$v_{10}$ , м/с	$v$ , 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:

№ опыта	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$v_{10}$ , м/с	$v$ , 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:

№ опыта	Состав гирьки	$m$ , г	$v_1$ , м/с	$v_2$ , 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:

№ опыта	Состав гирьки	$m$ , г	$v_1$ , м/с	$v_2$ , 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

## 9. 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:**

№ опыта	$p_{10x}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p_{1x}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p_{2x}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$\delta_p$	$\delta_W$
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  $\delta_p$  и кинетической энергии  $\delta_W$  системы при соударении по формулам (2) и (3). Занесем результаты в **Таблицу 7**.

Рассчитаем средние значения  $\overline{\delta_p}$ ,  $\overline{\delta_W}$  относительных изменений импульса и энергии по двум последним колонкам **Таблицы 7** по формулам (4), (5):

$$\overline{\delta_p} = -0,33$$

$$\overline{\delta_W} = -0,22$$

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:**

№ опыта	$p_{10x}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p_{1x}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p_{2x}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$\delta_p$	$\delta_W$
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  $\overline{\delta_p}$ ,  $\overline{\delta_W}$  по формулам (4), (5):

$$\overline{\delta_p} = -0,45$$

$$\overline{\delta_W} = -0,71$$

По данным из **Таблицы 2** заполним следующую **Таблицу 9**, где  $p_{10}$  - импульс системы до соударения (по формуле (7)),  $p$  - импульс системы после соударения (по формуле (8)),  $\delta_p$  - относительное изменение импульса (по формуле (9)),  $\delta_W^{(э)}$  - экспериментальное значение относительного изменения механической энергии (по формуле (10)),  $\delta_W^{(T)}$  - теоретическое значение относительного изменения механической энергии (по формуле (11)).

**Таблица 9:**

№ опыта	$p_{10}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p, \text{мН} \cdot \text{с}$	$\delta_p$	$\delta_W^{(э)}$	$\delta_W^{(T)}$
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  $\overline{\delta_p}$  и  $\overline{\delta_W^{(3)}}$  по формулам (4), (6):

$$\overline{\delta_p} = 0,01$$

$$\overline{\delta_W^{(3)}} = -0,50$$

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

**Таблица 10:**

№ опыта	$p_{10}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p, \text{мН} \cdot \text{с}$	$\delta_p$	$\delta_W^{(3)}$	$\delta_W^{(T)}$
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  $\overline{\delta_p}$  и  $\overline{\delta_W^{(3)}}$  по формулам (4), (6):

$$\overline{\delta_p} = 0,01$$

$$\overline{\delta_W^{(3)}} = -0,65$$

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

Используя значения координат оптических ворот  $x_1 = 0,150$  м,  $x_2 = 0,800$  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:**

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
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  $T(a)$ .

С помощью метода наименьших квадратов найдем коэффициенты зависимости  $T(a)$ :

$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
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

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum a_i = 1,02$$

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 43,43$$

$$b = \frac{\sum (a_i - \bar{a})(T_i - \bar{T})}{\sum (a_i - \bar{a})^2} = 54,12$$

$$a = \bar{T} - b\bar{a} = -11,55$$

Уравнение:  $T = -11,55 + 54,12a$

Найдем массу  $M_1$  тележки как коэффициент наклона экспериментальной зависимости  $T(a)$ :

$$M_1 = b = 54,12$$

Найдем величину силы трения  $F_{\text{тр}}$  как свободное слагаемое экспериментальной зависимости  $T(a)$ :

$$F_{\text{тр}} = |a| = 11,55$$

Построим с помощью найденных по МНК параметров  $M_1$  и  $F_{\text{тр}}$  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:

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
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

$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
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

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum a_i = 0,57$$

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum T_i = 45,90$$

$$b = \frac{\sum (a_i - \bar{a})(T_i - \bar{T})}{\sum (a_i - \bar{a})^2} = 103,86$$

$$a = \bar{T} - b\bar{a} = -13,54$$

Уравнение:  $T = -13,54 + 103,86a$

$$M_1 = b = 103,86$$

$$F_{\text{тр}} = |a| = 13,54$$

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

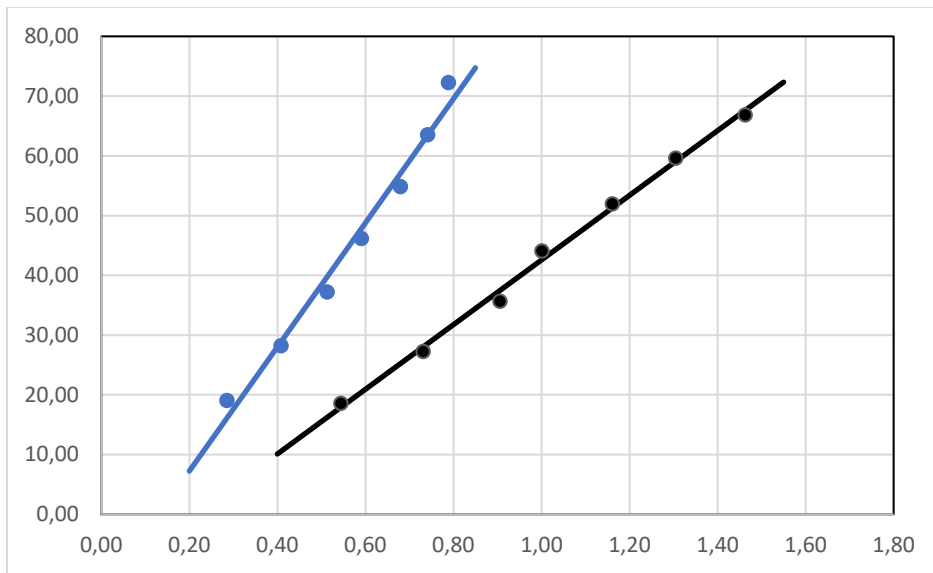


Рис. 2: График зависимости  $T(a)$

- - зависимость, полученная МНК из Таблицы 11
- - зависимость, полученная МНК из Таблицы 12

## 10. Расчет погрешностей измерений

Найдем погрешности средних значений (Таблица 7)  $\overline{\delta_p}$  и  $\overline{\delta_W}$  по формулам (15) и (16):  $\Delta\overline{\delta_p} = 0,0238$ ;  $\Delta\overline{\delta_W} = 0,0174$ .

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_p}$ :

$$[\overline{\delta_p} - \Delta\overline{\delta_p}, \overline{\delta_p} + \Delta\overline{\delta_p}]: [-0,3538; -0,3062]$$

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_W}$ :

$$[\overline{\delta_W} - \Delta\overline{\delta_W}, \overline{\delta_W} + \Delta\overline{\delta_W}]: [-0,2438; -0,1962]$$

Найдем погрешности средних значений (Таблица 8)  $\overline{\delta_p}$  и  $\overline{\delta_W}$  по формулам (15) и (16):  $\Delta\overline{\delta_p} = 0,0722$ ;  $\Delta\overline{\delta_W} = 0,0530$ .

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_p}$ :

$$[\overline{\delta_p} - \Delta\overline{\delta_p}, \overline{\delta_p} + \Delta\overline{\delta_p}]: [-0,4744; -0,4256]$$

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_W}$ :

$$[\overline{\delta_W} - \Delta\overline{\delta_W}, \overline{\delta_W} + \Delta\overline{\delta_W}]: [-0,7630; -0,6570]$$

Найдем погрешности средних значений (Таблица 9)  $\overline{\delta_p^{(3)}}$  и  $\overline{\delta_W^{(3)}}$  по формулам (15) и (17):  $\Delta\overline{\delta_p^{(3)}} = 0,0244$ ;  $\Delta\overline{\delta_W^{(3)}} = 0,0206$ .

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_p^{(3)}}$ :

$$[\overline{\delta_p^{(3)}} - \Delta\overline{\delta_p^{(3)}}, \overline{\delta_p^{(3)}} + \Delta\overline{\delta_p^{(3)}}]: [-0,0144; 0,0344]$$

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_W^{(3)}}$ :

$$[\overline{\delta_W^{(3)}} - \Delta\overline{\delta_W^{(3)}}, \overline{\delta_W^{(3)}} + \Delta\overline{\delta_W^{(3)}}]: [-0,5206; -0,4794]$$

Найдем погрешности средних значений (Таблица 10)  $\overline{\delta_p}$  и  $\overline{\delta_W^{(3)}}$  по формулам (15) и (17):  $\Delta\overline{\delta_p} = 0,0244$ ;  $\Delta\overline{\delta_W^{(3)}} = 0,0150$ .



Доверительный интервал для  $\overline{\delta_p}$ :

$$\left[ \overline{\delta_p} - \Delta \overline{\delta_p}, \overline{\delta_p} + \Delta \overline{\delta_p} \right]: \quad [-0,0144; 0,0344]$$

Доверительный интервал для  $\overline{\delta_W^{(3)}}$ :

$$\left[ \overline{\delta_W^{(3)}} - \Delta \overline{\delta_W^{(3)}}, \overline{\delta_W^{(3)}} + \Delta \overline{\delta_W^{(3)}} \right]: \quad [-0,6650; -0,6350]$$

Рассчитаем погрешности  $\Delta M_1$  и  $\Delta F_{\text{тр}}$  (Таблица 11):

$$D = \sum (a_i - \bar{a})^2 \approx 0,62$$

$$d_i = T_i - (F_{\text{тр}} + M_1 a_i)$$

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

$$\sum d_i^2 \approx 8,71$$

$$S_b^2 = \frac{1}{D} \frac{\sum d_i^2}{n-2} \approx 2,81$$

$$S_a^2 = \left( \frac{1}{n} + \frac{\bar{a}^2}{D} \right) \frac{\sum d_i^2}{n-2} \approx 3,17$$

$$\varepsilon_{M_1} = \frac{\Delta M_1}{M_1} \cdot 100\% \approx 5,2\%$$

$$\varepsilon_{F_{\text{тр}}} = \frac{\Delta F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр}}} \cdot 100\% \approx 27\%$$

Рассчитаем погрешности  $\Delta M_1$  и  $\Delta F_{\text{тр}}$  (Таблица 12):

$$D = \sum (a_i - \bar{a})^2 \approx 0,20$$

$$d_i = T_i - (F_{\text{тр}} + M_1 a_i)$$

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

$$\sum d_i^2 \approx 33,29$$

$$S_b^2 = \frac{1}{D} \frac{\sum d_i^2}{n-2} \approx 33,29$$

$$S_a^2 = \left( \frac{1}{n} + \frac{\bar{a}^2}{D} \right) \frac{\sum d_i^2}{n-2} \approx 1,18$$

$$\varepsilon_{M_1} = \frac{\Delta M_1}{M_1} \cdot 100\% \approx 32,1\%$$

$$\varepsilon_{F_{\text{тр}}} = \frac{\Delta F_{\text{тр}}}{F_{\text{тр}}} \cdot 100\% \approx 8,7\%$$

## 11. Окончательные результаты

Конечный результат (Таблица 11):

$$T = (-11,55 \pm 3,17) + (54,12 \pm 2,81)a \text{ Н};$$

$$M_1 = (54,12 \pm 2,81) \text{ кг}; \quad \varepsilon_{M_1} = 5,2\%;$$

$$F_{\text{тр}} = (-11,55 \pm 3,17) \text{ Н}; \quad \varepsilon_{F_{\text{тр}}} = 27\%;$$

Конечный результат (Таблица 12):

$$T = (-13,54 \pm 1,18) + (103,86 \pm 33,29)a \text{ Н};$$

$$M_1 = (103,86 \pm 33,29) \text{ кг}; \quad \varepsilon_{M_1} = 32,1\%;$$

$$F_{\text{тр}} = (-13,54 \pm 1,18) \text{ Н}; \quad \varepsilon_{F_{\text{тр}}} = 8,7\%;$$

## 12. 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.