
Группа Р3207 К работе допущен _____
Студент Садовой Г. В. Работа выполнена _____
Преподаватель Агабабаев В.А. Отчет принят _____

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

Изучение центрального соударения двух тел.
Проверка второго
закона Ньютона

1. Цель работы

Изучение центрального соударения двух тел. Проверка второго закона Ньютона.

2. Задачи, решаемые при выполнении 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.

3. Объект исследования.

Соударение двух тележек на рельсе.

4. Метод экспериментального исследования.

Будем сталкивать на рельсе две тележки, одна из которых покоится. При абсолютно упругом столкновении сохраняется и энергия и импульс системы

5. Рабочие формулы и исходные данные.

$p_{10x} = m_1 v_{10x}$, $p_{1x} = m_1 v_{1x}$, $p_{2x} = m_2 v_{2x}$ – импульсы тел;

$\delta_p = \frac{(p_{1x} + p_{2x}) - 1}{p_{10x}}$ – формула относительного изменения импульса системы при соударении;

$\delta_W = \frac{m_1 v_{1x}^2 + m_2 v_{2x}^2}{m_1 v_{10x}^2} - 1$ – формула относительного изменения кинетической системы при соударении;

$\bar{\delta}_p = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{pi}}{N}$; $\bar{\delta}_W = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{Wi}}{N}$ – средние значения относительных изменений импульса и энергии;

$\Delta \bar{\delta}_p = t_{\alpha_{\text{доб.}}, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_{pi} - \bar{\delta}_p)^2}{N(N-1)}}$ – доверительный интервал для δ_p , $t_{\alpha_{\text{доб.}}, N}$ – коэффициент

Стьюдента для доверительной вероятности $\alpha = 0,95$, количества измерений N и i – номер опыта;

$\Delta \bar{\delta}_W = t_{\alpha_{\text{доб.}}, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_{Wi} - \bar{\delta}_W)^2}{N(N-1)}}$ – доверительный интервал для δ_p ;

$p_{10} = m_1 v_{10}$ – импульс системы до соударения;

$p = (m_1 + m_2)v$ – импульс системы после соударения;

$\delta_p = \frac{p_1}{p_{10}} - 1$ – относительное изменение импульса;

$\delta_W^{(э)} = \frac{(m_1 + m_2)v_2^2}{m_1 v_{10}^2} - 1$ – экспериментальное значение относительного изменения механической энергии, вычисляемое по формуле;

$\delta_W^{(\tau)} = -\frac{m_2}{m_1 + m_2}$ – теоретическое значение относительного изменения механической энергии, вычисляемое по формуле;

$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(x_2 - x_1)}$; $T = m(g - a)$ – ускорение тележки и сила натяжения нити.

6. Измерительные приборы.

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка на рельсе	цифровой	0 – 0.8 м	0.5 см
2	ПКЦ-3 в режиме измерения скорости	цифровой	0 – 1.5 м/с	0.01 м/с
3	Лабораторные весы	цифровой	0 – 100 г	0.01 г

Описание установки

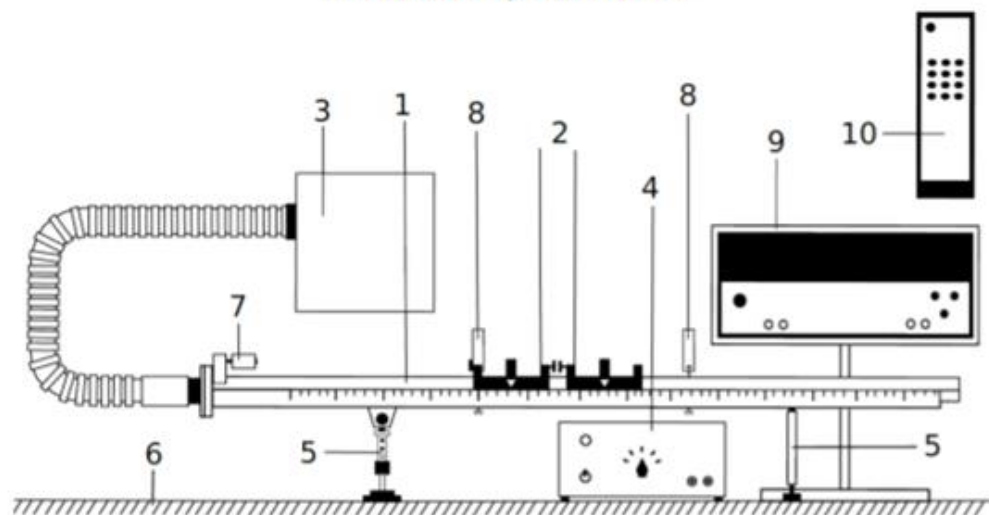


Рис. 3 Общий вид экспериментальной установки

Общий вид экспериментальной установки для первой части работы изображен на рис. 3. В состав установки входят:

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

7. Результат прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Таблица 1.1

№ опыта	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$v_{10x}, \text{м/с}$	$v_{1x}, \text{м/с}$	$v_{2x}, \text{м/с}$
1	50,4	48,4	0,55	0	0,25
2			0,54	0	0,25
3			0,54	0	0,25
4			0,54	0	0,26
5			0,54	0	0,26

Таблица 1.2

№ опыта	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$v_{10x}, \text{м/с}$	$v_{1x}, \text{м/с}$	$v_{2x}, \text{м/с}$
1	50,4	99,8	0,53	0,06	0,14
2			0,55	0,05	0,2
3			0,54	0,1	0,08
4			0,55	0,06	0,14
5			0,37	-0,20	0,06

Таблица 2.1

№ опыта	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$v_{10x}, \text{м/с}$	$v, \text{м/с}$
1	52,9	51,6	0,53	0,11
2			0,52	0,1
3			0,52	0,11
4			0,53	0,14
5			0,52	0,13

Таблица 2.2

№ опыта	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$v_{10x}, \text{м/с}$	$v, \text{м/с}$
1	52,9	103	0,52	0,06
2			0,52	0,06
3			0,51	0,08
4			0,52	0,06
5			0,52	0,07

Таблица 3.1 М тележки = 46,83 г

№ опыта	Состав гирьки	m, г	v_1 , м/с	v_2 , м/с
1	Подвеска	1,8	0,27	0,60
2	Подвеска + одна шайба	2,5	0,33	0,69
3	Подвеска + две шайбы	3,4	0,38	0,82
4	Подвеска + три шайбы	4,1	0,41	0,84
5	Подвеска + четыре шайбы	4,9	0,45	0,88
6	Подвеска + пять шайб	5,7	0,49	1,00
7	Подвеска + шесть шайб	6,6	0,51	1,13

Таблица 3.2 М тележки = 95,83 г

№ опыта	Состав гирьки	m, г	v_1 , м/с	v_2 , м/с
1	Подвеска	1,8	0,07	0,15
2	Подвеска + одна шайба	2,5	0,12	0,28
3	Подвеска + две шайбы	3,4	0,17	0,39
4	Подвеска + три шайбы	4,1	0,24	0,56
5	Подвеска + четыре шайбы	4,9	0,24	0,59
6	Подвеска + пять шайб	5,7	0,29	0,62
7	Подвеска + шесть шайб	6,6	0,30	0,69

8. Расчет результатов косвенных измерений

Таблица 4.1

№ опыта	p_{10x} , мН*с	p_{1x} , мН*с	p_{2x} , мН*с	δ_p	δ_w
1	27,72	0	12,1	-0,56	-0,8
2	27,216	0	12,1	-0,56	-0,79
3	27,216	0	12,1	-0,56	-0,79
4	27,216	0	12,584	-0,54	-0,78
5	27,216	0	12,584	-0,54	-0,78

Таблица 4.2

№ опыта	$p_{10x}, \text{мН*с}$	$p_{1x}, \text{мН*с}$	$p_{2x}, \text{мН*с}$	δ_p	δ_W
1	26,712	3,024	13,972	-0,36	-0,85
2	27,72	2,52	19,96	-0,19	-0,73
3	27,216	5,04	7,984	-0,52	-0,92
4	27,72	3,024	13,972	-0,39	-0,86
5	27,216	3,528	14,97	-0,32	-0,83

Таблица 5.1 $MI = 46,83 \text{ г}$

№ опыта	$p_{10}, \text{мН*с}$	$p, \text{мН*с}$	δ_p	$\delta_W^{(\text{э})}$	$\delta_W^{(\text{т})}$
1	28,04	11,495	-0,59	-0,91	-0,493
2	27,51	10,45	-0,62	-0,93	
3	27,51	11,495	-0,58	-0,91	
4	28,04	14,63	-0,48	-0,86	
5	27,51	13,585	-0,51	-0,88	

Таблица 5.2 $MI = 95,83 \text{ г}$

№ опыта	$p_{10}, \text{мН*с}$	$p, \text{мН*с}$	δ_p	$\delta_W^{(\text{э})}$	$\delta_W^{(\text{т})}$
1	27,51	9,35	-0,66	-0,96	-0,660
2	27,51	9,35	-0,66	-0,96	
3	26,98	12,47	-0,54	-0,93	
4	27,51	9,35	-0,66	-0,96	
5	27,51	10,91	-0,6	-0,95	

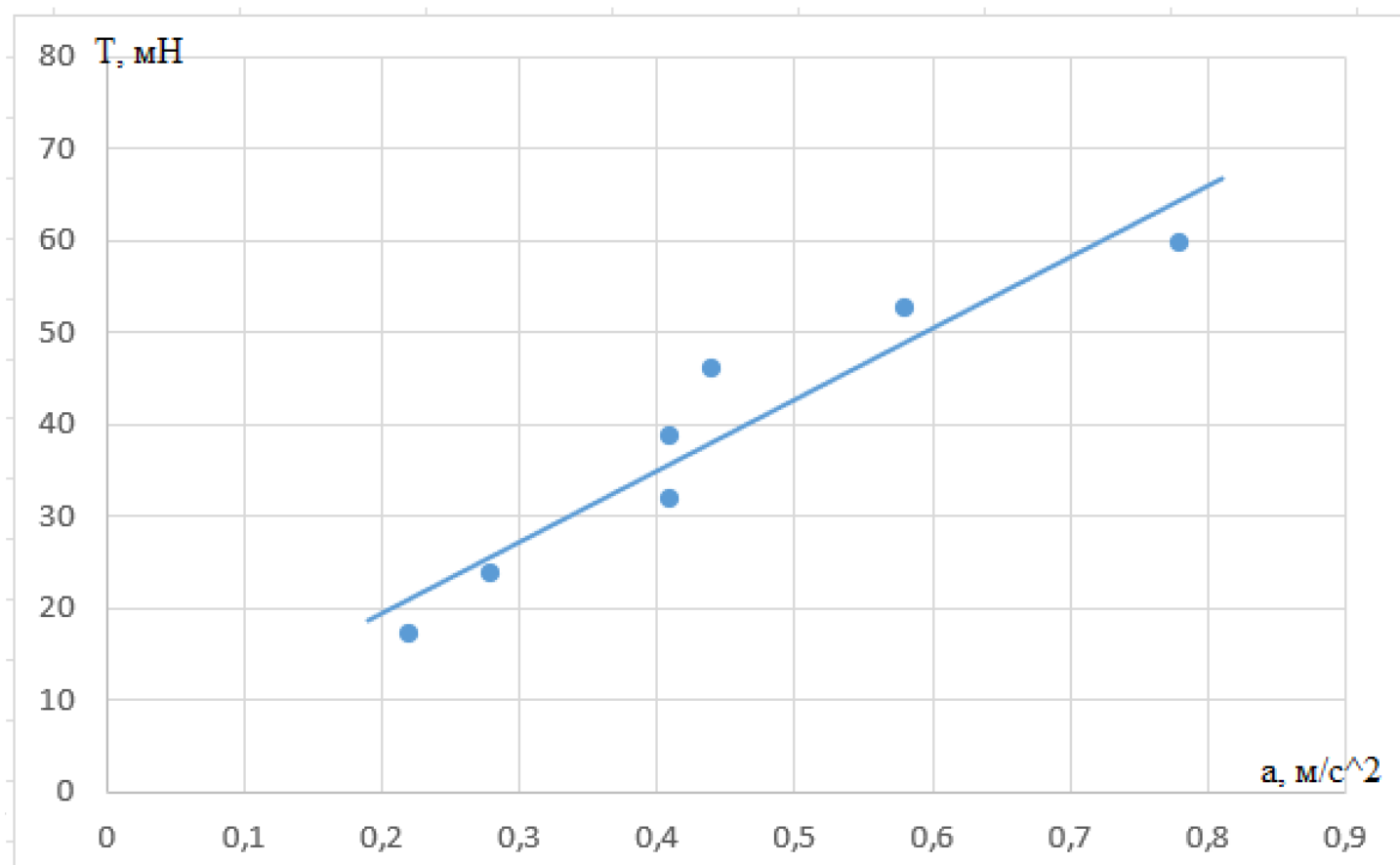
Таблица 6.1

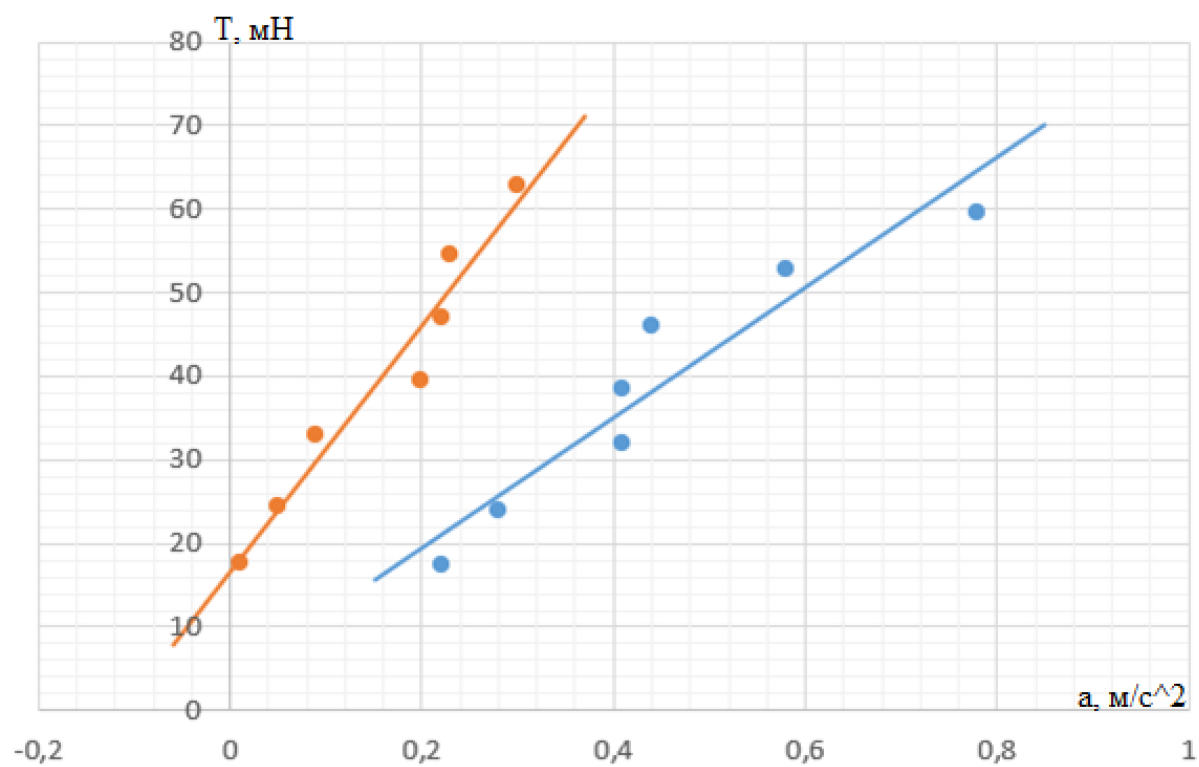
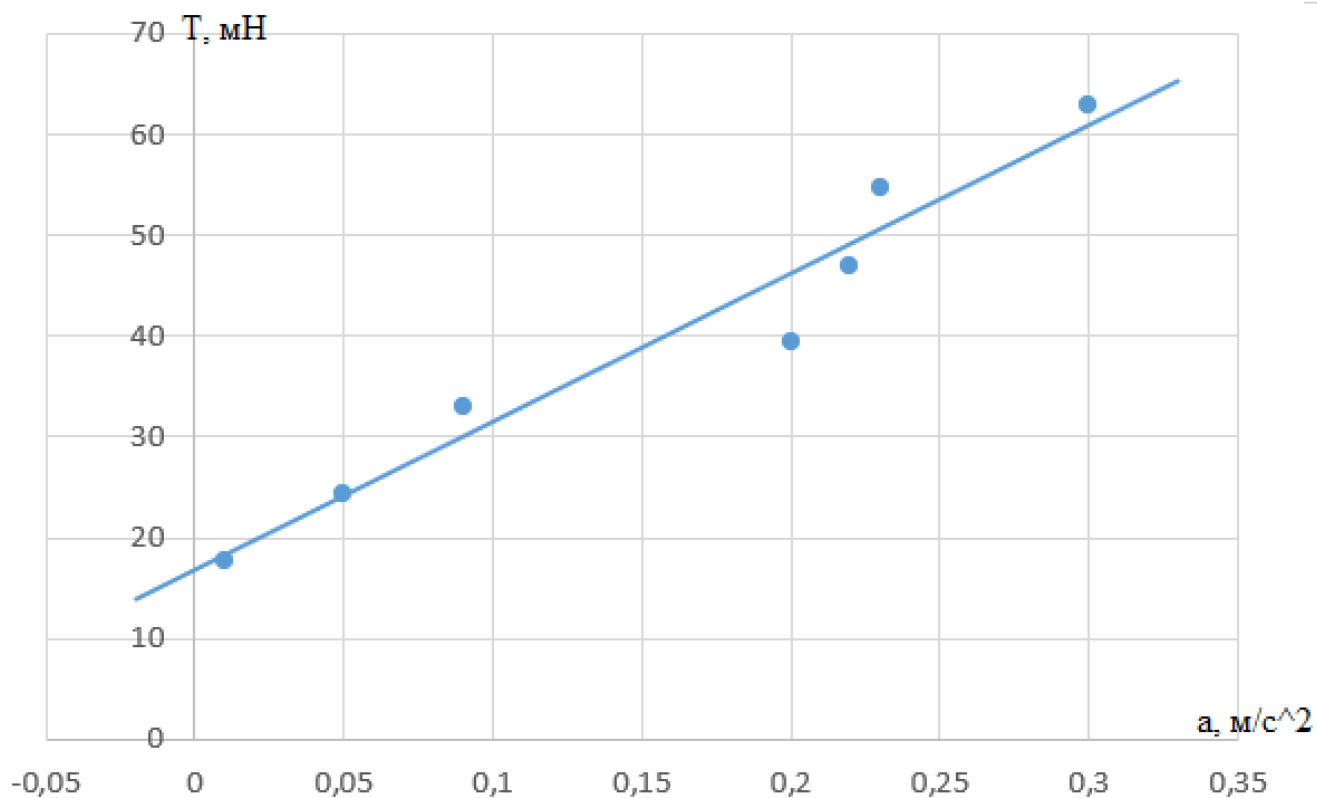
№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	1,8	0,22	17,28
2	2,5	0,28	23,85
3	3,4	0,41	31,99
4	4,1	0,41	38,58
5	4,9	0,44	45,96
6	5,7	0,58	52,67
7	6,6	0,78	59,66

Таблица 6.2

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	1,8	0,01	17,66
2	2,5	0,05	24,43
3	3,4	0,09	33,08
4	4,1	0,2	39,44
5	4,9	0,22	47,04
6	5,7	0,23	54,66
7	6,6	0,3	62,83

9. Графики.





10. Окончательные результаты.

Доверительные интервалы для относительных изменений импульса и энергии при упругом соударении двух легких тележек и соударении легкой тележки с утяжеленной $\overline{\delta_p}, \overline{\delta_W}$

$$1) \overline{\delta_p} = -0,552 \pm 0,013 \quad \varepsilon \approx 2\% \quad \alpha = 0,95$$

$$\overline{\delta_W} = -0,788 \pm 0,011 \quad \varepsilon \approx 1\% \quad \alpha = 0,95$$

$$2) \overline{\delta_p} = -0,36 \pm 0,14 \quad \varepsilon \approx 38\% \quad \alpha = 0,95$$

$$\overline{\delta_W} = -0,84 \pm 0,08 \quad \varepsilon \approx 9\% \quad \alpha = 0,95$$

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии

$$\delta_W^{(T)} = -0,503$$

Доверительные интервалы для относительных изменений импульса и энергии при неупругом соударении двух легких тележек и соударении легкой тележки с утяжеленной $\delta_p, \delta_W^{(3)}$

$$1) \delta_p = -0,6 \pm 0,5 \quad \varepsilon \approx 83\% \quad \alpha = 0,95$$

$$\delta_W^{(3)} = -0,90 \pm 0,03 \quad \varepsilon \approx 3\% \quad \alpha = 0,95$$

$$2) \delta_p = -0,6 \pm 0,5 \quad \varepsilon \approx 83\% \quad \alpha = 0,95$$

$$\delta_W^{(3)} = -0,952 \pm 0,016 \quad \varepsilon \approx 2\% \quad \alpha = 0,95$$

$$\delta_W^{(T)} = -0,669$$

Масса M_1 неутяжеленной тележки и доверительный интервал этой величины

$$M_1 = 48 \text{ г.} \pm 11 \text{ г.}$$

Масса M_1 утяжеленной тележки и доверительный интервал этой величины

$$M_1 = 96 \text{ г.} \pm 22 \text{ г.}$$

11. Выводы и анализ результатов работы.

В результате выполнения лабораторной работы были исследованы центральные соударения двух тел — упругое и неупругое. В задаче 1 были измерены изменения импульса и энергии тел до и после соударений. Результаты показали, что при упругом соударении суммарный импульс сохраняется с минимальными потерями, однако теоретическое значение относительного изменения энергии не попадает в экспериментальные доверительные интервалы, что может быть связано с влиянием трения или погрешностей измерений. При неупругом соударении наблюдаются более значительные потери энергии, и теоретические значения также оказались за пределами доверительных интервалов.

В задаче 2 были определены массы тележек. Табличные значения масс легкой и утяжеленной тележек не соответствуют экспериментальным доверительным интервалам, что свидетельствует о возможных систематических ошибках или неточностях в измерениях. Несмотря на это, результаты эксперимента в целом подтвердили основные положения законов сохранения импульса и энергии.