

Группа _____ К работе допущен _____

Студент Васильев Александр Сергеевич Р3217 Работа выполнена _____

Векшин Арсений Иванович Р3216

Преподаватель Иванов В.Ю.

Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет 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.

Расчет импульсов тел в каждом из опытов, относительных изменений импульса и энергии.

Вычисление силы натяжения нити при проведении опытов с разной массой тележек.

3. Объект исследования.

Упругие и неупругие соударения тележек.

Движение тележки под действием постоянной силы.

4. Метод экспериментального исследования.

Замер таких величин как: масса тележек, скорость тележек.

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Для задания 1:

m_1 – масса первой тележки, m_2 – масса второй тележки, v_{10} – скорость первой тележки до соударения, v_{1x} – скорость первой тележки после соударения, v_{2x} – скорость второй тележки после соударения, p_{10x} – импульс первой тележки до соударения, p_{1x} – импульс первой тележки до соударения, p_{2x} – импульс второй тележки после соударения, δ_p – относительное изменения импульса системы при соударении, δ_W – относительное изменения кинетической энергии системы при соударении, $\overline{\delta_p}$ и $\overline{\delta_W}$ – средние значения данных величин соответственно, погрешности данных величин –

$\Delta\bar{\delta}_p, \Delta\bar{\delta}_W; \delta_W^{(T)}$ - теоретическое значение относительного изменения механической энергии.

$$p_{10x} = m_1 v_{10x}, p_{1x} = m_1 v_{1x}, p_{2x} = m_2 v_{2x}.$$

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

$$\Delta\bar{\delta}_p = t_{\alpha_{доп}, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_{pi} - \bar{\delta}_p)^2}{N(N-1)}}; \quad \Delta\bar{\delta}_W = t_{\alpha_{доп}, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_{Wi} - \bar{\delta}_W)^2}{N(N-1)}}$$

где $t_{\alpha_{доп}, N}$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $\alpha_{доп} = 0,95$

$$\delta_W^{(T)} = -\frac{W_{пот}}{m_1 v_{10}^2} = -\frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

v_{10} - скорость первой тележки до соударения, v - скорость системы тележек после неупругого соударения

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

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

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

$\delta_W^{(э)}$ – экспериментальное значение относительного изменения механической энергии, вычисляемое по формуле

$$\delta_W^{(э)} = \Delta W_k / W_{k0} = \frac{(m_1 + m_2) v_2^2}{m_1 v_{10}^2} - 1,$$

$\delta_W^{(T)}$ – теоретическое значение относительного изменения механической энергии, вычисляемое по формуле

$$\delta_W^{(T)} = -\frac{W_{пот}}{m_1 v_{10}^2} = -\frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

Для задания 2:

m – масса гирьки, v_1 - скорость тележки при прохождении первых ворот, v_2 - скорость тележки при прохождении вторых ворот, a - ускорение тележки, T - сила натяжения нити, M_1 - масса тележки, b – коэффициент наклона экспериментальной зависимости, $F_{тр}$ – сила трения действующая на тележку.

$$a = \frac{(v_2)^2 - (v_1)^2}{2(x_2 - x_1)}, \quad T = m(g - a)$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2};$$

$$ma = mg - T$$

6. Измерительные приборы.

Таблица 1.

Наименование средства измерения	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Погрешность
Линейка на рельсе	1,30 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	250 г	0,01 г	—	0,01 г

7. Схема установки.

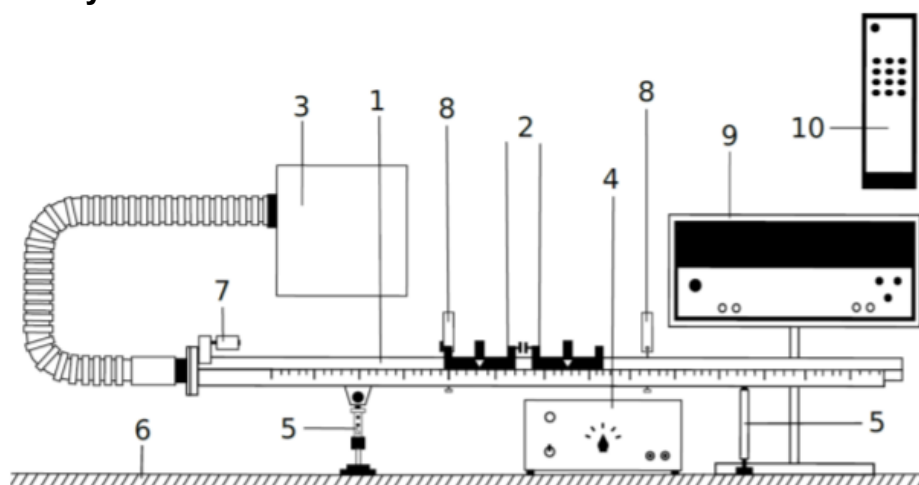


Рис. 1 Общий вид экспериментальной установки

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 (таблицы, примеры расчетов).

Для задания 1:

Таблица №1.1

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , м/с
1	51	47	0,47	0,46	0,06
2			0,44	0,43	0,06
3			0,48	0,48	0,06
4			0,45	0,44	0,07
5			0,45	0,4	0,07

Таблица №1.2

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , м/с
1	51	98	0,43	0,24	0,06
2			0,45	0,28	0,09
3			0,48	0,29	0,06
4			0,48	0,27	0,09
5			0,45	0,29	0,11

Таблица №2.1

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10} , м/с	v , м/с
1	54	50	0,43	0,21
2			0,43	0,21
3			0,44	0,21
4			0,44	0,21
5			0,47	0,23

Таблица №2.2

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10} , м/с	v , м/с
1	54	102	0,42	0,15
2			0,4	0,14
3			0,42	0,14
4			0,42	0,15
5			0,44	0,15

Таблица №4.1

№ опыта	p_{10x} , мН*с	p_{1x} , мН*с	p_{2x} , мН*с	δ_p	δ_w
1	23,97	23,46	2,82	0,1	-0,03
2	22,44	21,93	2,82	0,1	-0,03
3	24,48	24,48	2,82	0,12	0,01
4	22,95	22,44	3,29	0,12	-0,02
5	22,95	20,4	3,29	0,03	-0,19

Таблица №4.2

№ опыта	$p_{10x}, \text{мН*с}$	$p_{1x}, \text{мН*с}$	$p_{2x}, \text{мН*с}$	δ_p	δ_w
1	21,93	12,24	5,88	-0,17	-0,65
2	22,95	14,28	8,82	0,01	-0,54
3	24,48	14,79	5,88	-0,16	-0,6
4	24,48	13,77	8,82	-0,08	-0,62
5	22,95	14,79	10,78	0,11	-0,47

Таблица №5.1

№ опыта	$p_{10}, \text{мН*с}$	$p, \text{мН*с}$	δ_p	$\delta_w^{(\text{э})}$	$\delta_w^{(T)}$
1	23,22	21,84	-0,06	-0,54	-0,480769
2	23,22	21,84	-0,06	-0,54	
3	23,76	21,84	-0,08	-0,56	
4	23,76	21,84	-0,08	-0,56	
5	25,38	23,92	-0,06	-0,54	

Таблица №5.2

№ опыта	$p_{10}, \text{мН*с}$	$p, \text{мН*с}$	δ_p	$\delta_w^{(\text{э})}$	$\delta_w^{(T)}$
1	22,68	23,4	0,03	-0,63	-0,653846
2	21,6	21,84	0,01	-0,65	
3	22,68	21,84	-0,04	-0,68	
4	22,68	23,4	0,03	-0,63	
5	23,76	23,4	-0,02	-0,66	

Для задания 2:

Таблица №3.1

№ опыта	Состав гирьки	m, г	v ₁ , м/с	v ₂ , м/с
1	подвеска	1	0,25	0,33
2	подвеска + одна шайба	2	0,32	0,77
3	подвеска + две шайбы	3	0,36	0,9
4	подвеска + три шайбы	4	0,43	1
5	подвеска + четыре шайбы	5	0,46	1,09
6	подвеска + пять шайб	6	0,49	1,17
7	подвеска + шесть шайб	7	0,53	1,26

Масса тележки M₁=54 г

Таблица №3.2

№ опыта	Состав гирьки	m, г	v ₁ , м/с	v ₂ , м/с
1	подвеска	1	0,11	0,27
2	подвеска + одна шайба	2	0,23	0,57
3	подвеска + две шайбы	3	0,25	0,63
4	подвеска + три шайбы	4	0,27	0,64
5	подвеска + четыре шайбы	5	0,3	0,72
6	подвеска + пять шайб	6	0,34	0,82
7	подвеска + шесть шайб	7	0,38	0,87

Масса тележки M₁=54г

Таблица №6.1

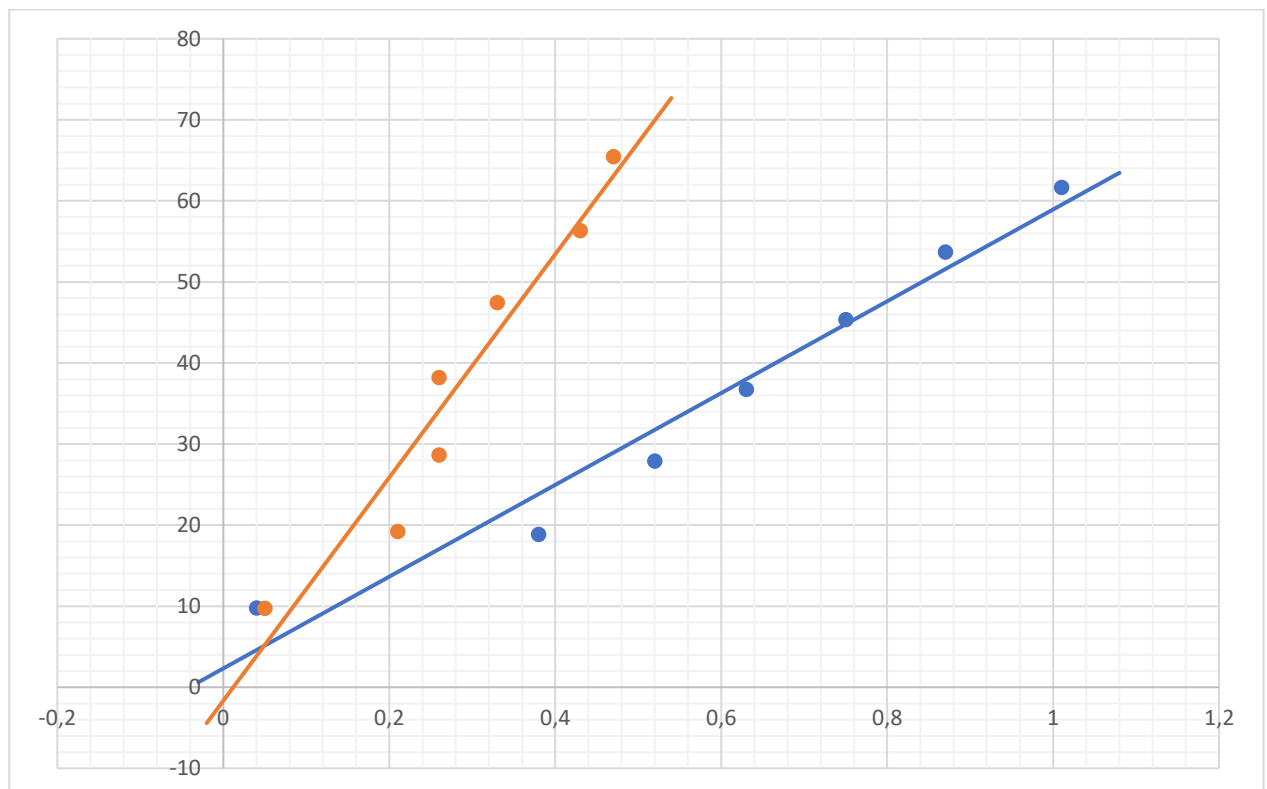
№ опыта	m, г	a, м/с ²	T, мН
1	1	0,04	9,78
2	2	0,38	18,88
3	3	0,52	27,9
4	4	0,63	36,76
5	5	0,75	45,35
6	6	0,87	53,7
7	7	1,01	61,67

Таблица №6.2

№ опыта	m, г	a, м/с ²	T, мН
1	1	0,05	9,77
2	2	0,21	19,22
3	3	0,26	28,68
4	4	0,26	38,24
5	5	0,33	47,45
6	6	0,43	56,34
7	7	0,47	65,45

9. Графики.

Графики зависимостей T от a для случаев с разгоном неутяжеленной и утяжеленной тележки.



10. Окончательные результаты.

Доверительные интервалы для относительных изменений импульса и энергии при упругом соударении двух легких тележек и соударении легкой тележки с утяжеленной

$\overline{\delta_p}, \overline{\delta_W}$

$$1) \overline{\delta_p} = 0.094 \pm 0.1475$$

$$\overline{\delta_W} = -0.052 \pm 0.09805$$

$$2) \overline{\delta_p} = -0.58 \pm 0.1475$$

$$\overline{\delta_W} = -0.576 \pm 0.089$$

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии

$$\delta_W^{(T)} = -0.4796$$

Доверительные интервалы для относительных изменений импульса и энергии при неупругом соударении двух легких тележек и соударении легкой тележки с

утяжеленной $\delta_p, \delta_W^{(\text{э})}$

$$1) \delta_p = -0.068 \pm 0.667$$

$$\delta_W^{(\text{э})} = -0.548 \pm 0.014$$

$$2) \delta_p = 0.002 \pm 0.907$$

$$\delta_W^{(\text{э})} = -0.65 \pm 0.2637$$

Масса M_1 неутяжеленной тележки и доверительный интервал этой величины

$$M_1 = 54 \pm 1 \text{ г}$$

Масса M_1 утяжеленной тележки и доверительный интервал этой величины

$$M_1 = 102 \pm 1 \text{ г}$$

Величина силы трения:

$$F_{\text{тр}} \approx 2.3204 \text{ Н}$$

11. Выводы и анализ результатов работы.

Теоретическое значение в экспериментальные доверительные интервалы не попадает. Табличные значения масс тележек совпадают с доверительными интервалами