
Группа Р3209

К работе допущен _____

Студент Кулагин Вячеслав

Работа выполнена 12/12/2024

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.

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.

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.

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

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

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

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

$\delta_W^{(т)} = -\frac{m_2}{m_1 + m_2}$ – 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.

Таблица 1: измерительные приборы

Наименование средства измерения	Предел измерений	Цена деления	Погрешность
Линейка на рельсе	1,3 м	1 см/дел	0,5 см/дел
ПКЦ-3 в режиме измерения скорости	9,99 м/с	0,01 м/с	0,01 м/с
Электронные весы	250 г	1 г	0,5 г

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

Экспериментальная установка

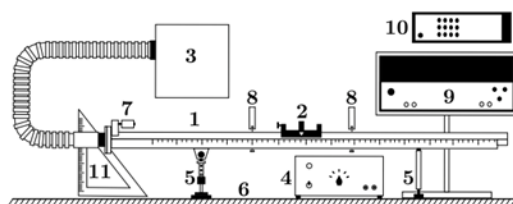


Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки

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

Рисунок 1: схема установки

8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

Таблица 1.1

№ опыта	m_1 , Г	m_2 , Г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , м/с
1	49,36	50,67	0,66	0	0,52
2			0,58	0	0,47
3			0,58	0	0,46
4			0,59	0	0,47
5			0,63	0	0,50

Таблица 1.2

№ опыта	m_1 , Г	m_2 , Г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , м/с
1	49,36	102,24	0,59	-0,10	0,30
2			0,54	-0,23	0,27
3			0,63	-0,12	0,29
4			0,63	-0,12	0,35
5			0,55	-0,11	0,30

Таблица 2.1

№ опыта	m_1 , Г	m_2 , Г	v_{10} , м/с	v , м/с
1	52,24	52,85	0,52	0,20
2			0,57	0,20
3			0,56	0,19
4			0,57	0,22
5			0,59	0,22

Таблица 2.2

№ опыта	m_1 , Г	m_2 , Г	v_{10} , м/с	v , м/с
1	52,24	104,42	0,62	0,16
2			0,58	0,11
3			0,56	0,11
4			0,60	0,10
5			0,60	0,10

Таблица 3.1. Разгоняемое тело – тележка. $M_1 = 47,50$ г

№ опыта	Состав гирьки	m , г	v_1 , м/с	v_2 , м/с
1	подвеска	1,84	0,25	0,55
2	подвеска + одна шайба	2,73	0,32	0,72
3	подвеска + две шайбы	3,55	0,37	0,84
4	подвеска + три шайбы	4,41	0,42	0,96
5	подвеска + четыре шайбы	5,24	0,46	1,04
6	подвеска + пять шайб	6,07	0,46	1,07
7	подвеска + шесть шайб	6,71	0,44	1,18

Таблица 3.2. Разгоняемое тело – тележка. $M_2 = 99,08$ г

№ опыта	Состав гири	m, г	v_1 , м/с	v_2 , м/с
1	подвеска	1,84	0,08	0,23
2	подвеска + одна шайба	2,58	0,22	0,47
3	подвеска + две шайбы	3,35	0,24	0,53
4	подвеска + три шайбы	4,23	0,29	0,64
5	подвеска + четыре шайбы	5,10	0,32	0,72
6	подвеска + пять шайб	5,95	0,36	0,79
7	подвеска + шесть шайб	6,76	0,32	0,70

9. Расчет результатов косвенных измерений (таблицы, примеры расчетов).

Таблица 4.1

№ опыта	p_{10x} , мН * с	p_{1x} , мН * с	p_{2x} , мН * с	δ_p	δ_W
1	32,58	0	26,35	$-0,19 \pm 0,01$	$-0,36 \pm 0,01$
2	28,63	0	23,81	$-0,17 \pm 0,01$	$-0,33 \pm 0,01$
3	28,63	0	23,31	$-0,19 \pm 0,01$	$-0,35 \pm 0,01$
4	29,12	0	23,81	$-0,18 \pm 0,01$	$-0,35 \pm 0,01$
5	31,10	0	25,34	$-0,19 \pm 0,01$	$-0,35 \pm 0,01$

Таблица 4.2

№ опыта	p_{10x} , мН * с	p_{1x} , мН * с	p_{2x} , мН * с	δ_p	δ_W
1	29,12	-4,94	30,67	$-0,12 \pm 0,18$	$-0,44 \pm 0,12$
2	26,65	-11,35	27,60	$-0,39 \pm 0,18$	$-0,30 \pm 0,12$
3	31,10	-5,92	29,65	$-0,24 \pm 0,18$	$-0,52 \pm 0,12$
4	31,10	-5,92	35,78	$-0,04 \pm 0,18$	$-0,32 \pm 0,12$
5	27,15	-5,43	30,67	$-0,07 \pm 0,18$	$-0,34 \pm 0,12$

Таблица 5.1

№ опыта	p_{10} , мН * с	p , мН * с	δ_p	$\delta_W^{(a)}$	$\delta_W^{(T)}$
1	27,16	21,02	$-0,23 \pm 0,17$	$-0,70 \pm 0,04$	-0,50
2	29,78	21,02	$-0,29 \pm 0,17$	$-0,75 \pm 0,04$	
3	29,25	19,97	$-0,32 \pm 0,17$	$-0,77 \pm 0,04$	
4	29,78	23,12	$-0,22 \pm 0,17$	$-0,70 \pm 0,04$	
5	30,82	23,12	$-0,25 \pm 0,17$	$-0,72 \pm 0,04$	

Таблица 5.2

№ опыта	$p_{10}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p, \text{мН} \cdot \text{с}$	δ_p	$\delta_W^{(э)}$	$\delta_W^{(т)}$
1	32,39	25,07	$-0,23 \pm 0,17$	$-0,80 \pm 0,06$	-0,67
2	30,30	17,23	$-0,43 \pm 0,17$	$-0,89 \pm 0,06$	
3	29,25	17,23	$-0,41 \pm 0,17$	$-0,88 \pm 0,06$	
4	31,34	15,67	$-0,50 \pm 0,17$	$-0,92 \pm 0,06$	
5	31,34	15,67	$-0,50 \pm 0,17$	$-0,92 \pm 0,06$	

Таблица 6.1

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	1,84	0,18	17,74
2	2,73	0,32	25,94
3	3,55	0,44	33,30
4	4,41	0,57	40,79
5	5,24	0,67	47,95
6	6,07	0,72	55,24
7	6,71	0,92	59,72

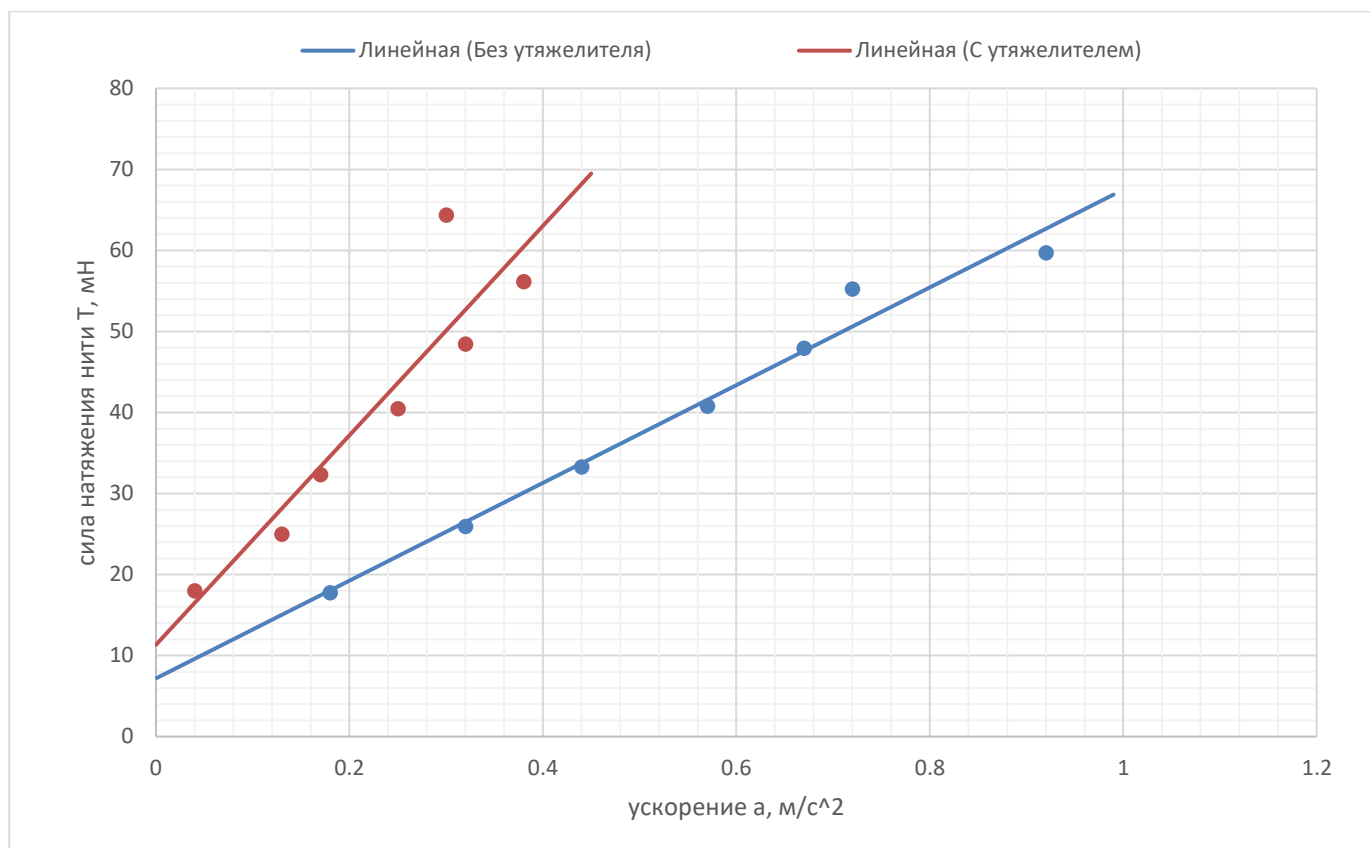
$$T = 60,33 \times a + 7,18$$

Таблица 6.2

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	1,84	0,04	18,00
2	2,58	0,13	25,00
3	3,35	0,17	32,33
4	4,23	0,25	40,48
5	5,10	0,32	48,45
6	5,95	0,38	56,17
7	6,76	0,30	64,36

$$T = 129,23 \times a + 11,33$$

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



12. Окончательные результаты.

- 1) Упругий удар для двух легких тележек:

$$\bar{\delta}_p = -0,18 \pm 0,01 \quad \bar{\delta}_w = -0,35 \pm 0,01$$

Упругий удар для легкой и тележки с утяжелителем:

$$\bar{\delta}_p = -0,17 \pm 0,18 \quad \bar{\delta}_w = -0,38 \pm 0,12$$

- 2) Неупругий удар для двух легких тележек:

$$\bar{\delta}_p = -0,26 \pm 0,17 \quad \delta_w^{(\text{э})} = -0,73 \pm 0,04$$

Неупругий удар для легкой и тележки с утяжелителем:

$$\bar{\delta}_p = -0,41 \pm 0,07 \quad \delta_w^{(\text{э})} = -0,88 \pm 0,06$$

- 3) $\delta_w^{(\text{т})} = -0,49$ для 2 легких тележек; $\delta_w^{(\text{т})} = -0,65$ одна тележка с утяжелителем

- 4) $M_1 = 60,31 \pm 8,17$ г; $M_2 = 129,14 \pm 39,62$ г

13. Выводы и анализ результатов работы.

В ходе выполнения лабораторной работы были проведены эксперименты с законами упругого/неупругого соударения тел.

Теоретическое значение в экспериментальные доверительные интервалы не попадает. Табличные значения масс тележек совпадают с доверительными интервалами лишь во втором случае (для M_2). ($M_1 = 47,50$ г, $M_2 = 99,08$ г)