

Группа 3220

К работе допущен _____

Студент Гафурова Ф. Ф.

Работа выполнена _____

Преподаватель Пулькин Н. С.

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:

- Измерение скоростей тележек до и после соударения.
- Измерение скорости тележки при ее разгоне под действием постоянной силы.
- Исследование потерь импульса и механической энергии при упругом и неупругом соударении двух тележек.
- 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:

Для задания 1:

m_1 – масса первой тележки, m_2 – масса второй тележки, v_{10x} – 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 после 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 - $\Delta\overline{\delta_p}$, $\Delta\overline{\delta_w}$; $\delta_w^{(T)}$ – теоретическое значение относительного изменения механической энергии.

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

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

$\delta_w = \frac{\Delta W_k}{W_{k0}} = \frac{m_1 v_{1x}^2 + m_2 v_{2x}^2}{m_1 v_{10x}^2} - 1$ – формула относительного изменения кинетической системы при соударении;

$\Delta\overline{\delta_p} = t_{\alpha_{\text{дов}}, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_{pi} - \overline{\delta_p})^2}{N(N-1)}}$ – 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;

$\Delta\overline{\delta_w} = t_{\alpha_{\text{дов}}, N} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_{wi} - \overline{\delta_w})^2}{N(N-1)}}$ – доверительный интервал для δ_p ;

$\delta_w^{(T)} = -\frac{W_{\text{пот}}}{\frac{m_1 v_{10}^2}{2}} = -\frac{m_2}{m_1 + m_2}$ – теоретическое значение относительного изменения механической энергии, вычисляемое по формуле; 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;

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

$\delta_w^{(\text{э})} = \frac{(m_1 + m_2)v_2^2}{m_1 v_{10}^2} - 1$ – экспериментальное значение относительного изменения механической энергии;

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 (из-за нерастяжимости нити модули обоих ускорения равны друг другу, т. е. $a_1 = a_2 = a$), T – сила натяжения нити, M_1 – масса тележки, b – коэффициент наклона экспериментальной зависимости, $F_{\text{тр}}$ – сила трения, действующая на тележку.

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

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

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:

Экспериментальная установка

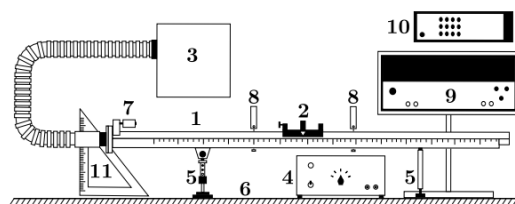


Рис. 3. Общий вид экспериментальной установки

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

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

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	49	50	0,16	0	0,21
2			0,15	0	0,16
3			0,13	0	0,11
4			0,27	0,07	0,35
5			0,21	0	0,32

Таблица 1.2

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , м/с
1	49	101	0,2	-0,04	0,26
2			0,24	-0,05	0,12
3			0,25	-0,04	0,25
4			0,23	-0,04	0,12
5			0,25	-0,05	0,26

Таблица 2.1

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10} , м/с	v , м/с
1	53	51	0,22	0,11
2			0,17	0,1
3			0,18	0,17
4			0,18	0,07
5			0,16	0,13

Таблица 2.2

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10} , м/с	v , м/с
1	53	105	0,15	0,02
2			0,15	0,03
3			0,19	0,06
4			0,24	0,11
5			0,17	0,05

Таблица 4.1

№ опыта	p_{10x} , мН * с	p_{1x} , мН * с	p_{2x} , мН * с	δ_p	δ_w
1	7,84	0	10,5	0,34	0,76
2	7,35	0	8	0,09	0,16
3	6,37	0	5,5	-0,14	-0,27
4	13,23	3,43	17,5	0,58	0,78
5	10,29	0	16	0,55	1,37

Таблица 4.2

№ опыта	p_{10x} , мН * с	p_{1x} , мН * с	p_{2x} , мН * с	δ_p	δ_w
1	9,8	-1,96	26,26	1,48	2,52

2	11,76	-2,45	12,12	-0,18	-0,44
3	12,25	-1,96	25,25	0,9	1,09
4	11,27	-1,96	12,12	-0,1	-0,41
5	12,25	-2,45	26,26	0,94	1,27

Таблица 5.1

№ опыта	$p_{10}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p, \text{мН} \cdot \text{с}$	δ_p	$\delta_W^{(\varepsilon)}$	$\delta_W^{(T)}$
1	11,66	11,44	-0,02	-0,51	-0,49038462
2	9,01	10,4	0,15	-0,32	
3	9,54	17,68	0,85	0,75	
4	9,54	7,28	-0,24	-0,7	
5	8,48	13,52	0,59	0,3	

Таблица 5.2

№ опыта	$p_{10}, \text{мН} \cdot \text{с}$	$p, \text{мН} \cdot \text{с}$	δ_p	$\delta_W^{(\varepsilon)}$	$\delta_W^{(T)}$
1	7,95	3,16	-0,6	-0,95	-0,66455696
2	7,95	4,74	-0,4	-0,88	
3	10,07	9,48	-0,06	-0,7	
4	12,72	17,38	0,37	-0,37	
5	9,01	7,9	-0,12	-0,74	

Для задания 2:

Таблица 3.1 Разгоняемое тело – тележка. $M_1 = 48 \text{ г}$

№ опыта	Состав гирьки	$m, \text{г}$	$v_1, \text{м/с}$	$v_2, \text{м/с}$
1	подвеска	50	0,1	0,42
2	подвеска + одна шайба	50,5	0,14	0,58
3	подвеска + две шайбы	51	0,2	0,74
4	подвеска + три шайбы	52	0,23	0,84
5	подвеска + четыре шайбы	53	0,26	0,93
6	подвеска + пять шайб	54	0,29	1,02
7	подвеска + шесть шайб	55	0,31	1,12

Таблица 3.2 Разгоняемое тело – тележка. $M_1 = 99 \text{ г}$

№ опыта	Состав гирьки	$m, \text{г}$	$v_1, \text{м/с}$	$v_2, \text{м/с}$
1	подвеска	100	0,04	0,15
2	подвеска + одна шайба	101	0,05	0,17
3	подвеска + две шайбы	101,5	0,07	0,25
4	подвеска + три шайбы	102	0,09	0,3
5	подвеска + четыре шайбы	103	0,1	0,37
6	подвеска + пять шайб	104	0,17	0,62

7	подвеска + шесть шайб	105	0,18	0,66
---	-----------------------	-----	------	------

Таблица 6.1

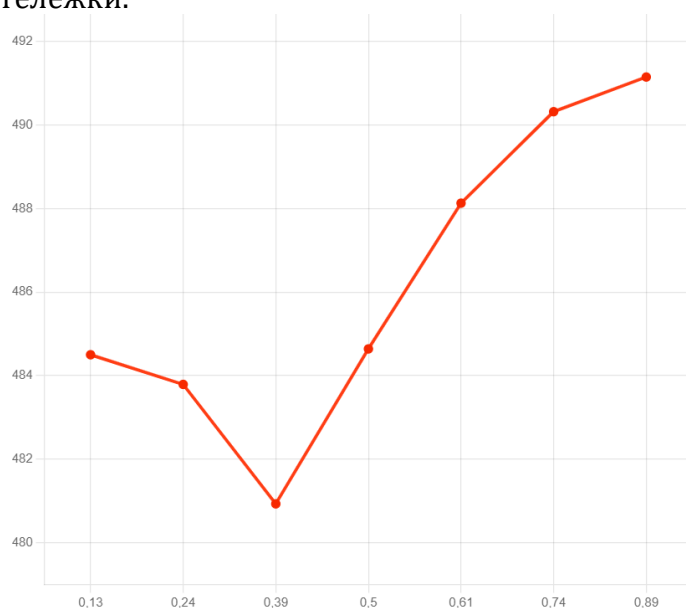
№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	50	0,13	484,5
2	50,5	0,24	483,79
3	51	0,39	480,93
4	52	0,5	484,64
5	53	0,61	488,13
6	54	0,74	490,32
7	55	0,89	491,15

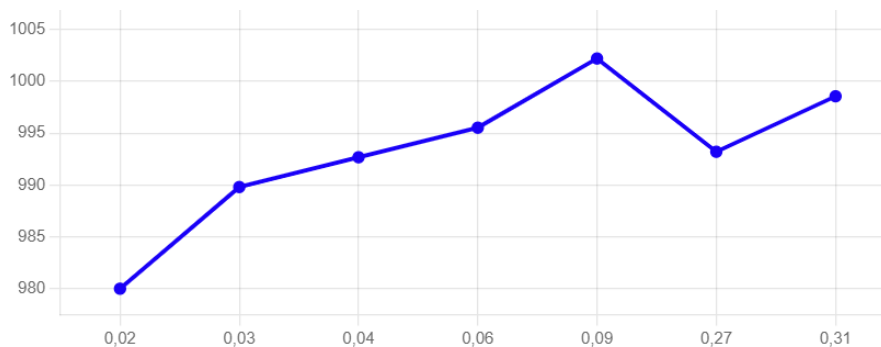
Таблица 6.2

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	100	0,02	980
2	101	0,03	989,8
3	101,5	0,04	992,67
4	102	0,06	995,52
5	103	0,09	1002,19
6	104	0,27	993,2
7	105	0,31	998,55

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

$\overline{\delta_p}, \overline{\delta_w}$

$$1. \overline{\delta_p} = 0,284 \pm 0,38265 \text{ мН} \cdot \text{с}$$

$$\overline{\delta_w} = 0,56 \pm 0,78468$$

$$2. \overline{\delta_p} = 0,608 \pm 0,8961 \text{ мН} \cdot \text{с}$$

$$\overline{\delta_w} = -0,806 \pm 1,5559$$

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии

$$\delta_w^{(T)} = -0,49038462$$

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

$\delta_p, \delta_w^{(\varepsilon)}$

$$1. \delta_p = 0,266 \pm 0,90385064 \text{ мН} \cdot \text{с}$$

$$\delta_w^{(\varepsilon)} = -0,096 \pm 0,0751$$

$$2. \delta_p = -0,162 \pm 0,835 \text{ мН} \cdot \text{с}$$

$$\delta_w^{(\varepsilon)} = -0,728 \pm 0,2790267$$

Масса M_1 неутяжеленной тележки и доверительный интервал этой величины.

$$M_1 = 56,345 \text{ г} \pm 7,127 \text{ г больше}$$

$$\text{Сила трения } F_{\text{тр}1} = 480,546 \text{ мН}$$

Масса M_1 утяжеленной тележки и доверительный интервал этой величины.

$$M_1 = 74,1624 \text{ г} \pm 39,006 \text{ г}$$

$$\text{Сила трения } F_{\text{тр}2} = 1004,176 \text{ мН}$$

11. Выводы и анализ результатов работы:

В ходе исследования упругого и неупругого центрального соударения тележек были получены данные об относительных изменениях импульса и энергии. Обнаружено, что при упругом соударении $\overline{\delta_p}$ и $\overline{\delta_w}$ равны $-0,284$ и $-0,56$ соответственно, при неупругом соударении $\overline{\delta_p}$ и $\overline{\delta_w}$ составляют $0,266$ и $-0,096$ соответственно.

Теоретическое значение относительного изменения механической энергии $\delta_w^{(T)}$ составляет $-0,49038462$. Проведенные исследования подтверждают соответствие теоретическое значения диапазонам изменений, полученным в эксперименте. Важно отметить, что оценка массы тележек может быть осложнена значительной силой трения, действующей в системе.

Также были оценены значения силы трения $F_{\text{тр}1}$ и $F_{\text{тр}2}$, которые равны $480,5451962$ и $1004,176237$ соответственно, и которые могут оказывать влияние на итоговые результаты.

На основе полученных данных исследования можно сделать вывод о соответствии полученных результатов с теоретическими ожиданиями и о подтверждении закономерностей, описанных в классической механике, для упругих и неупругих соударений тележек. Тем не менее, необходимо учитывать влияние силы трения при оценке массы тележек, что может привести к небольшим погрешностям в результатах исследования.

Нелинейность двух первых точек первого графика заставит от того что трение при данных экспериментах была не постоянной.