

Группа М3205

К работе допущен _____

Студент Рафиков Рафаэль Ильдарович

Работа выполнена _____

Преподаватель Хуснудинова Наира Рустемовна

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.

4. Метод экспериментального исследования.

Проведение повторяющихся измерений

5. Рабочие формулы и исходные данные.

Формулы для вычисления импульса тел:

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

Формул для вычисления относительных изменений импульса и кинетической энергии системы при соударении

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

$$\delta_W = \Delta W_k / W_{k0} = \frac{m_1 v_{1x}^2 + m_2 v_{2x}^2}{m_1 v_{10x}^2} - 1.$$

Формула для вычисления средних значений $\bar{\delta}_p$, $\bar{\delta}_W$

$$\bar{\delta}_p = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{pi}}{N}; \bar{\delta}_W = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_{Wi}}{N}$$

Здесь i – номер опыта, N общее число опытов.

Формула для вычисления доверительных интервалов

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

, где $t_{\alpha_{\text{дов}}, N}$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и количества измерений N .

Формула для вычисления экспериментального значения относительного изменения механической энергии

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

Формула для вычисления теоретического значения относительного изменения механической энергии

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

Формула для ускорения

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

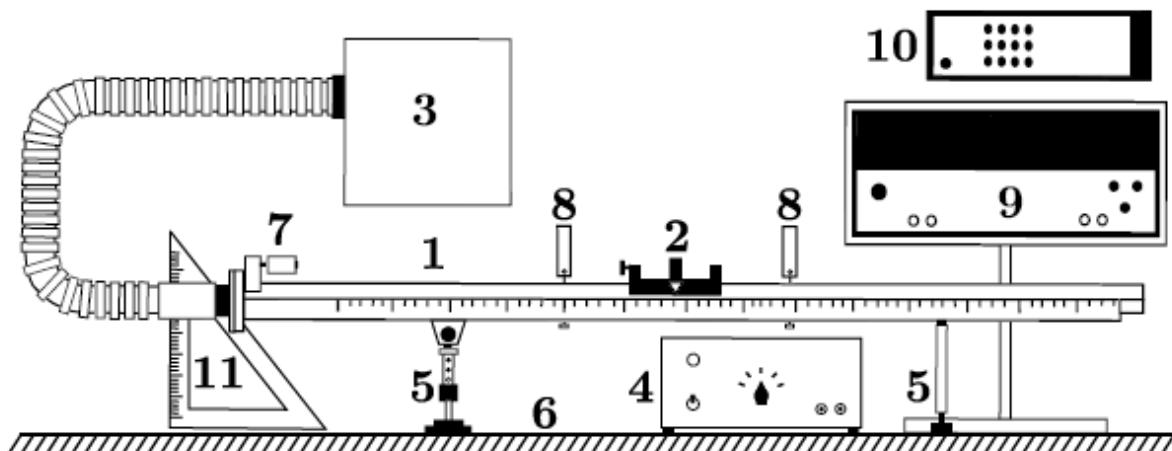
Формула для вычисления силы натяжения

$$T = m(g - a)$$

6. Измерительные приборы.

Наименование средства измерения	Предел измерений	Цена деления	Класс точности	Погрешность
Линейка на рельсе	1.3 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.



1. Рельс с сантиметровой шкалой на лицевой стороне
2. Столкивающиеся 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 обработка.

Задание 1. Измерение скоростей тележек до и после соударения

Упругое соударение

Таблица №1

№ опыта	m_1 , г	m_2 , г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , м/с
1	4,3	4,2	0,51	0,09	0,30
2			0,51	0,07	0,31
3			0,51	0,07	0,32
4			0,50	0,06	0,31
5			0,51	0,07	0,32

Таблица №7

№ опыта	$p10x, \text{мН}\cdot\text{с}$	$p1x, \text{мН}\cdot\text{с}$	$p2x, \text{мН}\cdot\text{с}$	δp	δW
1	2,193	0,387	1,260	-0,249	-0,631
2	2,193	0,301	1,302	-0,269	-0,620
3	2,193	0,301	1,344	-0,250	-0,597
4	2,150	0,258	1,302	-0,274	-0,610
5	2,193	0,301	1,344	-0,250	-0,597

Таблица №2

№ опыта	$m1, \text{г}$	$m2, \text{г}$	$v10x, \text{м/с}$	$v1x, \text{м/с}$	$v2x, \text{м/с}$
1	4,3	8,5	0,50	-0,06	0,27
2			0,50	-0,05	0,27
3			0,50	-0,06	0,27
4			0,51	-0,07	0,28
5			0,51	-0,07	0,28

Таблица №8

№ опыта	$p10x, \text{мН}\cdot\text{с}$	$p1x, \text{мН}\cdot\text{с}$	$p2x, \text{мН}\cdot\text{с}$	δp	δW
1	2,150	-0,258	2,295	-0,053	-0,409
2	2,150	-0,215	2,295	-0,033	-0,414
3	2,150	-0,258	2,295	-0,053	-0,409
4	2,193	-0,301	2,380	-0,052	-0,385
5	2,193	-0,301	2,380	-0,052	-0,385

Неупругое соударение

Таблица №3

№ опыта	$m1, \text{г}$	$m2, \text{г}$	$v10, \text{м/с}$	$v, \text{м/с}$
1	4,6	4,5	0,49	0,23
2			0,49	0,22
3			0,49	0,23
4			0,49	0,23
5			0,50	0,23

Таблица №9

№ опыта	$p10, \text{мН}\cdot\text{с}$	$p, \text{мН}\cdot\text{с}$	δp	$\delta(\mathcal{E})W$	$\delta(T)W$
1	2,254	2,093	-0,071	-0,564	-0,495
2	2,254	2,002	-0,112	-0,601	
3	2,254	2,093	-0,071	-0,564	
4	2,254	2,093	-0,071	-0,564	
5	2,300	2,093	-0,090	-0,581	

Таблица №4

№ опыта	$m_1, \text{г}$	$m_2, \text{г}$	$v_{10}, \text{м/с}$	$v, \text{м/с}$
1	4,6	8,8	0,50	0,16
2			0,50	0,16
3			0,50	0,15
4			0,49	0,15
5			0,49	0,14

Таблица №10

№ опыта	$p_{10}, \text{мН}\cdot\text{с}$	$p, \text{мН}\cdot\text{с}$	δp	$\delta(\mathcal{E})W$	$\delta(T)W$
1	2,300	2,144	-0,068	-0,702	-0,657
2		2,144	-0,068	-0,702	
3		2,010	-0,126	-0,738	
4		2,010	-0,108	-0,727	
5		1,876	-0,168	-0,762	

Задание 2. Измерение скорости тележки при ее разгоне под действием постоянной силы.

Масса тележки = 42 г

№ опыта	Состав гирьки	$m, \text{г}$	$v_1, \text{м/с}$	$v_2, \text{м/с}$
1	подвеска	2,0	0,23	0,54
2	подвеска + одна шайба	2,0	0,28	0,65
3	подвеска + две шайбы	3,0	0,33	0,75
4	подвеска + три шайбы	4,0	0,36	0,83
5	подвеска + четыре шайбы	4,0	0,43	1,00
6	подвеска + пять шайб	5,0	0,46	1,07
7	подвеска + шесть шайб	5,0	0,51	1,16

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	2,0	0,18	19,27
2	2,0	0,26	19,11
3	3,0	0,35	28,41
4	4,0	0,43	37,56
5	4,0	0,63	36,77
6	5,0	0,72	45,51
7	5,0	0,84	44,93

Масса тележки = 84 г

№ опыта	Состав гирьки	$m, \text{г}$	$v_1, \text{м/с}$	$v_2, \text{м/с}$
1	подвеска	2,0	0,16	0,43
2	подвеска + одна шайба	2,0	0,22	0,50
3	подвеска + две шайбы	3,0	0,23	0,54
4	подвеска + три шайбы	4,0	0,25	0,56
5	подвеска + четыре шайбы	5,0	0,28	0,62
6	подвеска + пять шайб	5,0	0,31	0,70
7	подвеска + шесть шайб	5,0	0,35	0,78

№ опыта	$m, \text{г}$	$a, \text{м/с}^2$	$T, \text{мН}$
1	2,0	0,12	19,39
2	2,0	0,16	19,33
3	3,0	0,18	28,91
4	4,0	0,19	38,51
5	4,0	0,24	38,34
6	5,0	0,30	47,59
7	5,0	0,37	47,23

9. Расчет результатов косвенных измерений.

Задание №1

Количество измерений N	5
Значение коэффициента Стьюдента для $\alpha=0,95$ и $N = 5$	2,78

Для таблицы №7

Средние значения	
$\bar{\delta}p$	-0,25844
$\bar{\delta}W$	-0,61091
Средне квадратические отклонения (СКО)	
СКО для $\bar{\delta}p$	0,005494
СКО для $\bar{\delta}W$	0,006692
Доверительные интервалы	
$\Delta \bar{\delta}p$	0,015272
$\Delta \bar{\delta}W$	0,018604

Для таблицы №8

Средние значения	
$\bar{\delta}p$	-0,04833
$\bar{\delta}W$	-0,40052
Средне квадратические отклонения (СКО)	
СКО для $\bar{\delta}p$	0,003945
СКО для $\bar{\delta}W$	0,006254
Доверительные интервалы	
$\Delta \bar{\delta}p$	0,010966
$\Delta \bar{\delta}W$	0,017387

Для таблицы №9

Средние значения	
$\bar{\delta}p$	-0,08322
$\bar{\delta}(Э)W$	-0,57501
Средне квадратические отклонения (СКО)	
СКО для $\bar{\delta}p$	0,008
СКО для $\bar{\delta}(Э)W$	0,007356
Доверительные интервалы	
$\Delta \bar{\delta}p$	0,02224
$\Delta \bar{\delta}(Э)W$	0,020449

Для таблицы №10

Средние значения	
$\bar{\delta}p$	-0,10754
$\bar{\delta}(Э)W$	-0,72609
Средне квадратические отклонения (СКО)	
СКО для $\bar{\delta}p$	0,018866
СКО для $\bar{\delta}(Э)W$	0,011471
Доверительные интервалы	
$\Delta \bar{\delta}p$	0,052447
$\Delta \bar{\delta}(Э)W$	0,031891

Задание №2

aср	Tср	M1	Fтр	СКО M1	д.и. M1
0,49	33,08	42,47	12,41	7,13	14,25131

aср	Tср	M2	Fтр	СКО M2	д.и. M2
0,22	34,19	121,99	6,88	26,41	52,82911

10. Расчет погрешностей измерений.

Задание №1

Упругое соударение

$$\bar{\delta}p = -0,258, \Delta \bar{\delta}p = 0,015$$

$$\bar{\delta}W = -0,611, \Delta \bar{\delta}W = 0,0186$$

$$\bar{\delta}p = -0,048, \Delta \bar{\delta}p = 0,011$$

$$\bar{\delta}W = -0,401, \Delta \bar{\delta}W = 0,017$$

Неупругое соударение

$$\bar{\delta}p = -0,083, \Delta \bar{\delta}p = 0,022$$

$$\bar{\delta}W = -0,575, \Delta \bar{\delta}W = 0,020$$

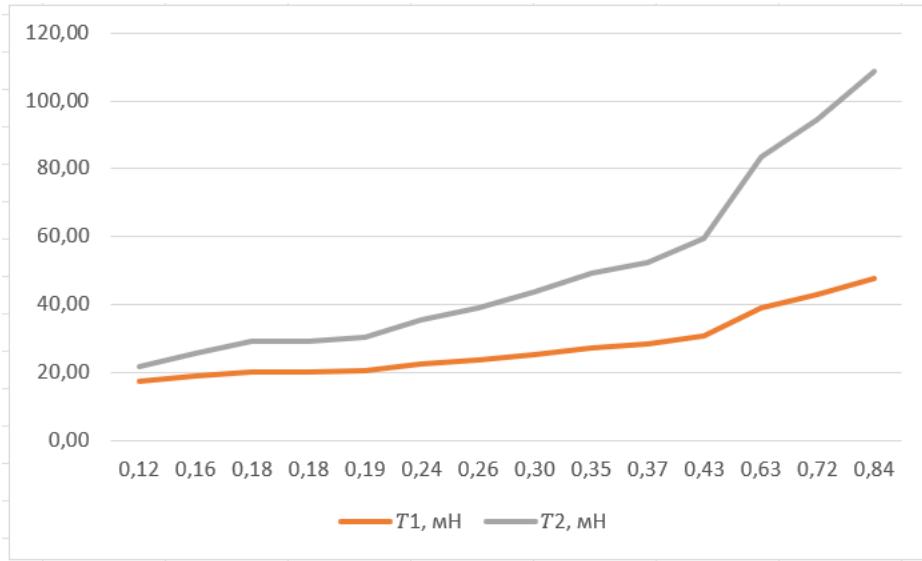
$$\bar{\delta}p = -0,108, \Delta \bar{\delta}p = 0,052$$

$$\bar{\delta}W = -0,726, \Delta \bar{\delta}W = 0,032$$

Задание №2

$M_1 = 42$, д.и. $M_1 = 14$
 $M_2 = 122$, д.и. $M_2 = 53$

11. Графики.



12. Окончательные результаты.

Задание №1

Упругое соударение

$$\delta p = [-0,273, -0,243]$$

$$\delta W = [-0,630, -0,592]$$

$$\delta p = [-0,059, -0,037]$$

$$\delta W = [-0,418, -0,384]$$

Неупругое соударение

$$\delta p = [-0,105, -0,061]$$

$$\delta W = [-0,595, -0,555]$$

$$\delta p = [-0,160, -0,056]$$

$$\delta W = [-0,758, -0,694]$$

$$\delta(T)W = -0,495$$

$$\delta(T)W = -0,657$$

Оба теоретических значения не попадают в доверительные интервалы

Задание №2

$$M_1 = [28, 56]$$

$$M_2 = [69, 175]$$

$$M_1 = 42 \text{ г}$$

$$M_2 = 84 \text{ г}$$

Оба значения попадают в доверительный интервал

13. Выводы и анализ результатов работы.

Рассмотрены упругое и неупругое соударения двух тел на примере тележек, движущихся с малым трением с различными массами.

Была исследована зависимость ускорения тележки от приложенной силы и массы тележки с помощью метода неопределённых квадратов. Как и ожидалось, зависимость похожа на линейную.