

Группа М3205

К работе допущен _____

Студент Рафиков Рафаэль Ильдарович

Работа выполнена _____

Преподаватель Хуснутдинова 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

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

Формула для вычисления теоретического значения относительного изменения механической энергии

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

Формула для ускорения

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

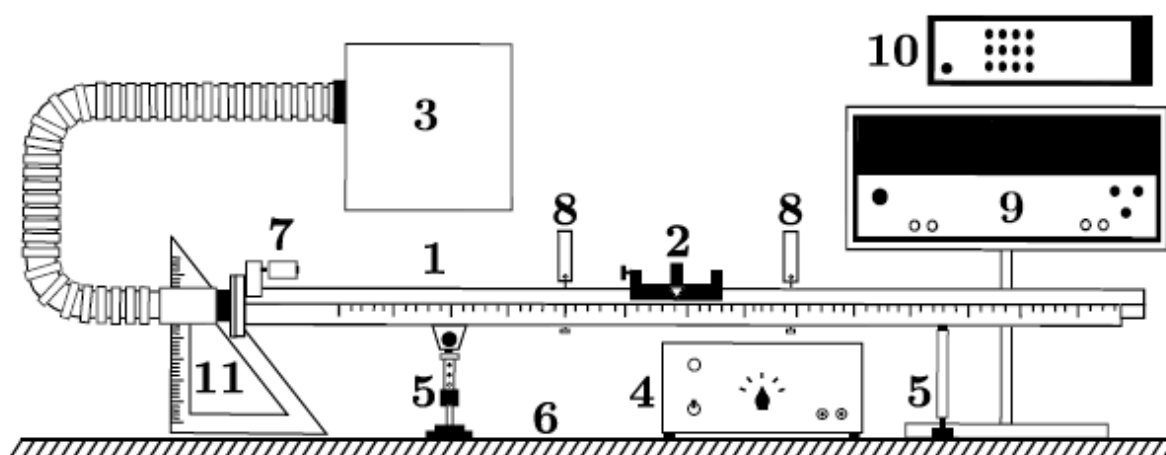
Формула для вычисления силы натяжения

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

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. 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.

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	p_{10x} , МН·с	p_{1x} , МН·с	p_{2x} , МН·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	m_1 , г	m_2 , г	v_{10x} , м/с	v_{1x} , м/с	v_{2x} , 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	p_{10x} , МН·с	p_{1x} , МН·с	p_{2x} , МН·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	m_1 , г	m_2 , г	v_{10} , м/с	v , 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	p_{10} , МН·с	p , МН·с	δp	$\delta(\Xi)W$	$\delta(T)W$
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 , г	m_2 , г	v_{10} , м/с	v , 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} , мН·с	p , мН·с	δp	$\delta(\Sigma)W$	$\delta(T)W$
1	2,300	2,144	-0,068	-0,702	-0,657
2	2,300	2,144	-0,068	-0,702	
3	2,300	2,010	-0,126	-0,738	
4	2,254	2,010	-0,108	-0,727	
5	2,254	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 , г	v_1 , м/с	v_2 , 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 , г	a , м/с ²	T , 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 , г	v_1 , м/с	v_2 , 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 , г	a , м/с ²	T , 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
$\bar{\delta(\varepsilon)W}$	-0,57501
Средне квадратические отклонения (СКО)	
СКО для $\bar{\delta p}$	0,008
СКО для $\bar{\delta(\varepsilon)W}$	0,007356
Доверительные интервалы	
$\Delta \bar{\delta p}$	0,02224
$\Delta \bar{\delta(\varepsilon)W}$	0,020449

Для таблицы №10

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

Задание №2

а ср	Т ср	М1	Гтр	СКО М1	д.и. М1
0,49	33,08	42,47	12,41	7,13	14,25131

а ср	Т ср	М2	Гтр	СКО М2	д.и. М2
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

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

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

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

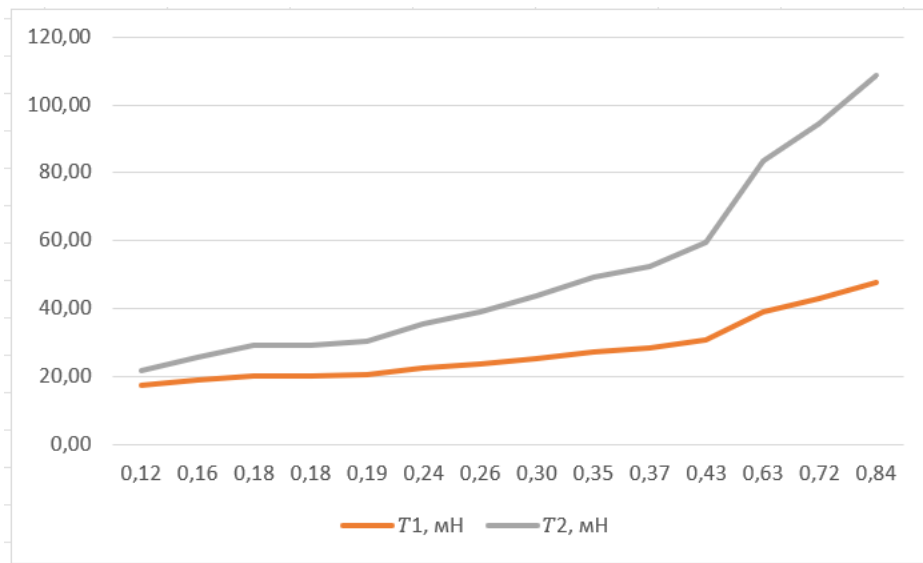
$$\bar{\delta W} = -0,726, \Delta \bar{\delta W} = 0,032$$

Задание №2

M1 = 42, д.и. M1 = 14

M2 = 122, д.и. M2 = 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

$$M1 = [28, 56]$$

$$M2 = [69, 175]$$

$$M1 = 42 \text{ г}$$

$$M2 = 84 \text{ г}$$

Оба значения попадают в доверительный интервал

13. Выводы и анализ результатов работы.

Рассмотрены упругое и не упругое 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.