

Группа М3106 К работе допущен _____

Студент Шеин Максим Андреевич Работа выполнена _____

Преподаватель Качин Валерий Александрович Отчет принят _____

Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №

Законы сохранения импульса и энергии в процессах столкновения

1. Цель работы

Исследовать упругое и неупругое центральное соударения тел на примере тележек, движущихся с малым трением.

2. Задачи, решаемые при выполнении работы

- 1) Запустить серию измерений.
- 2) Заполнить таблицы прямых измерений.
- 3) Для упругих и неупругих столкновений рассчитать величины X_i и Y_i , а также графически изобразить их зависимость.
- 4) Для неупругих столкновений найти экспериментальные значения относительного изменения полной энергии и теоретические величины относительной потери энергии и построить график их зависимости.

3. Объект исследования

Сталкивающиеся тележки: тележка, находящаяся под действием постоянной силы

4. Метод экспериментального исследования

Наблюдение

5. Рабочие формулы и исходные данные

Для упругого соударения:

$$\begin{cases} m_1 \vec{v}_{10} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2; \\ \frac{m_1 v_{10}^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}, \end{cases} \quad \begin{cases} v_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)v_{10}}{m_1 + m_2}; \\ v_{2x} = \frac{2m_1 v_{10}}{m_1 + m_2}. \end{cases}$$

,где m_1 и m_2 – массы двух тел, v_{10} – скорость первого тела до удара, а v_1 и v_2 – скорости первого и второго тел после удара

Для неупругого соударения:

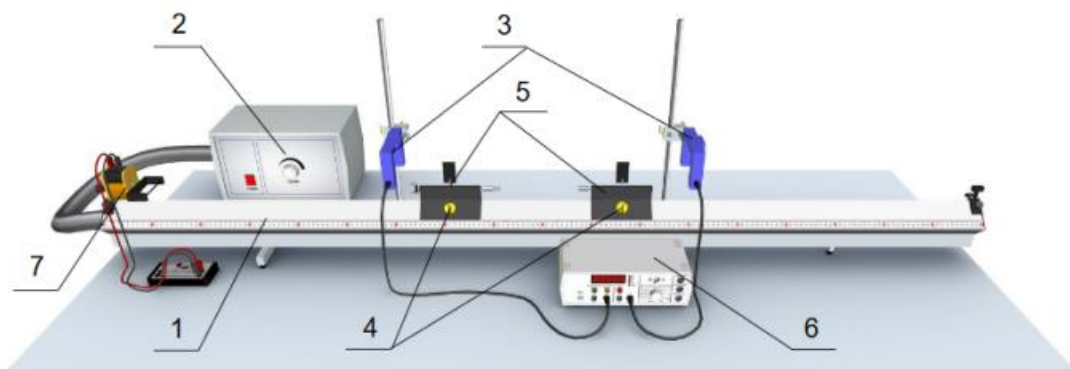
$$\begin{cases} m_1 v_{10} = (m_1 + m_2) v \\ \frac{m_1 v_{10}^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} + W_{\text{пот}} \end{cases} \quad W_{\text{пот}} = \frac{m_1 m_2 v_{10}^2}{2(m_1 + m_2)} \cdot v = \frac{m_1 v_{10}}{m_1 + m_2}.$$

, где m_1 и m_2 – массы двух тел, v_{10} – скорость первого тела до удара, v_1 и v_2 – скорости первого и второго тел после удара, а $W_{\text{пот}}$ – потери механической энергии при соударении

6. Измерительные приборы

№	Наименование	Предел измерений	Погрешность прибора
1	Линейка на рельсе	1,80м	0,5 мм
2	Цифровой счётчик	-	-
3	Лабораторные весы	-	-

7. Схема установки



1. Рельс, на котором создается воздушная подушка (длина 180 см)
2. Генератор воздушного потока
3. Рамки с фотоэлементами (оптические ворота)
4. Дополнительные грузы
5. Сталкивающиеся тележки с собственной массой 200 г, каждая из которых снабжена флажком шириной 25 мм.
6. Цифровой счетчик (1 единица = 10 мс)
7. Пусковой механизм

8. Результаты прямых измерений и их обработки

Упругий удар

Неупругий удар

		$m_1(r)$					
		200	220	240	260	280	300
$m_2(r)$	200	t_1 2,1	2,0	2,2	2,6	2,9	3,2
		t_2 2,1	1,9	2,0	2,3	2,5	2,6
	220	1,9	2,3	2,6	2,6	2,7	2,9
		2,0	2,3	2,5	2,4	2,4	2,5
	240	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	3,0
		2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,7
	260	2,0	2,2	2,2	2,8	2,7	3,2
		2,3	2,4	2,3	2,8	2,6	3,0
	280	2,0	2,3	2,2	2,8	2,6	2,9
		2,4	2,7	2,4	2,9	2,6	2,8
	300	2,1	2,0	2,4	2,5	3,0	3,1
		2,6	2,4	2,2	2,7	3,1	3,1

		$m_1(r)$					
		200	220	240	260	280	300
$m_2(r)$	200	t_1 2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,0
		t_2 4,0	4,1	4,6	4,8	5,1	5,0
	220	1,8	2,4	2,2	2,6	3,0	3,2
		3,8	4,7	4,2	4,9	5,4	5,5
	240	1,8	2,3	2,3	2,4	3,0	3,1
		4,0	4,9	4,6	4,6	5,6	5,5
	260	2,1	2,3	2,3	2,6	3,1	2,9
		4,8	4,9	4,8	5,1	5,8	5,4
	280	1,9	2,1	2,6	2,6	2,9	2,8
		4,6	4,8	5,7	5,3	5,7	5,5
	300	2,1	2,1	2,3	2,6	3,1	3,2
		5,3	5,0	5,2	5,6	6,3	6,3

9. Расчет результатов косвенных измерений

1) Упругое столкновение

$$X_i = \frac{2 * m_1}{m_2 + m_1}; Y_i = \frac{t_1}{t_2}$$

(Погрешность Y_i : $\delta a = 0,02$, $\delta o = 2,4\%$)

$x_i = (2 * m_1) / (m_1 + m_2)$	$y_i = t_1/t_2$
m1=200 m2=200) 1	строка 1, столбец 1) 1
m1=220 m2=200) 1.04762	строка 1, столбец 2) 1.05263
m1=240 m2=200) 1.09091	строка 1, столбец 3) 1.1
m1=260 m2=200) 1.13043	строка 1, столбец 4) 1.13043
m1=280 m2=200) 1.16667	строка 1, столбец 5) 1.16
m1=300 m2=200) 1.2	строка 1, столбец 6) 1.23077
m1=200 m2=220) 0.952381	строка 2, столбец 1) 0.95
m1=220 m2=220) 1	строка 2, столбец 2) 1
m1=240 m2=220) 1.04348	строка 2, столбец 3) 1.04
m1=260 m2=220) 1.08333	строка 2, столбец 4) 1.08333
m1=280 m2=220) 1.12	строка 2, столбец 5) 1.125
m1=300 m2=220) 1.15385	строка 2, столбец 6) 1.16
m1=200 m2=240) 0.909091	строка 3, столбец 1) 0.916667
m1=220 m2=240) 0.956522	строка 3, столбец 2) 0.956522
m1=240 m2=240) 1	строка 3, столбец 3) 1
m1=260 m2=240) 1.04	строка 3, столбец 4) 1.04167
m1=280 m2=240) 1.07692	строка 3, столбец 5) 1.08333
m1=300 m2=240) 1.11111	строка 3, столбец 6) 1.11111
m1=200 m2=260) 0.869565	строка 4, столбец 1) 0.869565
m1=220 m2=260) 0.916667	строка 4, столбец 2) 0.916667
m1=240 m2=260) 0.96	строка 4, столбец 3) 0.956522
m1=260 m2=260) 1	строка 4, столбец 4) 1
m1=280 m2=260) 1.03704	строка 4, столбец 5) 1.03846
m1=300 m2=260) 1.07143	строка 4, столбец 6) 1.06667
m1=200 m2=280) 0.833333	строка 5, столбец 1) 0.833333
m1=220 m2=280) 0.88	строка 5, столбец 2) 0.851852
m1=240 m2=280) 0.923077	строка 5, столбец 3) 0.916667
m1=260 m2=280) 0.962963	строка 5, столбец 4) 0.965517
m1=280 m2=280) 1	строка 5, столбец 5) 1
m1=300 m2=280) 1.03448	строка 5, столбец 6) 1.03571
m1=200 m2=300) 0.8	строка 6, столбец 1) 0.807692
m1=220 m2=300) 0.846154	строка 6, столбец 2) 0.833333
m1=240 m2=300) 0.888889	строка 6, столбец 3) 0.888889
m1=260 m2=300) 0.928571	строка 6, столбец 4) 0.925926
m1=280 m2=300) 0.965517	строка 6, столбец 5) 0.967742
m1=300 m2=300) 1	строка 6, столбец 6) 1

```

#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
#include <vector>
int main()
{
    ifstream fin("upr.txt");
    setlocale(LC_ALL, "Russian");
    int N;
    float R1, R2;
    int k = 200, m = 200;
    fin >> N;
    vector< vector<float> > a1(N, vector<float> (N));
    vector< vector<float> > a2(N, vector<float> (N));
    vector< vector<float> > b2(N, vector<float> (N));

    cout << endl << "xi = (2 * m1) / (m1 + m2)/////////////////////////////////////////" << endl << endl;

    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            cout << "m1=" << k << " m2=" << m << " ";
            R1 = (float)(2 * k) / (k + m);
            cout << R1 << endl;
            k = k + 20;

        }
        m = m + 20;
        k = 200;
        cout << endl;

    }

    cout << endl << "yi = t1/t2/////////////////////////////////////////" << endl << endl;
    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            fin >> a2[i][j];
            fin >> b2[i][j];

        }

    }

    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            cout << "строка " << i + 1 << " , " << "столбец " << j + 1 << " ";
            R2 = a2[i][j] / b2[i][j];
            cout << R2 << endl;

        }
        cout << endl;
    }
}

```

2)Неупругое столкновение

$$X_i = \frac{m1}{m2 + m1}; Y_i = \frac{t1}{t2}$$

(Погрешность Y_i : $\delta a = 0,01$, $\delta o = 1,7\%$)

xi = m1 / (m1 + m2)///	yi = t1/t2///
m1=200 m2=200) 0.5	строка 1, столбец 1) 0.5
m1=220 m2=200) 0.52381	строка 1, столбец 2) 0.536585
m1=240 m2=200) 0.545455	строка 1, столбец 3) 0.543478
m1=260 m2=200) 0.565217	строка 1, столбец 4) 0.5625
m1=280 m2=200) 0.583333	строка 1, столбец 5) 0.588235
m1=300 m2=200) 0.6	строка 1, столбец 6) 0.6
m1=200 m2=220) 0.47619	строка 2, столбец 1) 0.473684
m1=220 m2=220) 0.5	строка 2, столбец 2) 0.510638
m1=240 m2=220) 0.521739	строка 2, столбец 3) 0.52381
m1=260 m2=220) 0.541667	строка 2, столбец 4) 0.530612
m1=280 m2=220) 0.56	строка 2, столбец 5) 0.555556
m1=300 m2=220) 0.576923	строка 2, столбец 6) 0.581818
m1=200 m2=240) 0.454545	строка 3, столбец 1) 0.45
m1=220 m2=240) 0.478261	строка 3, столбец 2) 0.469388
m1=240 m2=240) 0.5	строка 3, столбец 3) 0.5
m1=260 m2=240) 0.52	строка 3, столбец 4) 0.521739
m1=280 m2=240) 0.538462	строка 3, столбец 5) 0.535714
m1=300 m2=240) 0.555556	строка 3, столбец 6) 0.563636
m1=200 m2=260) 0.434783	строка 4, столбец 1) 0.4375
m1=220 m2=260) 0.458333	строка 4, столбец 2) 0.469388
m1=240 m2=260) 0.48	строка 4, столбец 3) 0.479167
m1=260 m2=260) 0.5	строка 4, столбец 4) 0.509804
m1=280 m2=260) 0.518519	строка 4, столбец 5) 0.525424
m1=300 m2=260) 0.535714	строка 4, столбец 6) 0.537037
m1=200 m2=280) 0.416667	строка 5, столбец 1) 0.413043
m1=220 m2=280) 0.44	строка 5, столбец 2) 0.4375
m1=240 m2=280) 0.461538	строка 5, столбец 3) 0.45614
m1=260 m2=280) 0.481481	строка 5, столбец 4) 0.490566
m1=280 m2=280) 0.5	строка 5, столбец 5) 0.508772
m1=300 m2=280) 0.517241	строка 5, столбец 6) 0.509091
m1=200 m2=300) 0.4	строка 6, столбец 1) 0.396226
m1=220 m2=300) 0.423077	строка 6, столбец 2) 0.42
m1=240 m2=300) 0.444444	строка 6, столбец 3) 0.442308
m1=260 m2=300) 0.464286	строка 6, столбец 4) 0.464286
m1=280 m2=300) 0.482759	строка 6, столбец 5) 0.492063
m1=300 m2=300) 0.5	строка 6, столбец 6) 0.507936

$$3)dW_{\varepsilon} = 1 - \frac{m_1+m_2}{m_1} \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^2$$

(Погрешность dW_{ε} : $\delta a = 0,01$, $\delta o = 2,6\%$)

Экспериментальное значение относительного изменения по формуле: $1 - (m_1 + m_2) / m_1 * (t_1/t_2)^2$

строка 1, столбец 1) 0.5
 строка 1, столбец 2) 0.450327
 строка 1, столбец 3) 0.458491
 строка 1, столбец 4) 0.440204
 строка 1, столбец 5) 0.406821
 строка 1, столбец 6) 0.4
 строка 2, столбец 1) 0.528809
 строка 2, столбец 2) 0.478497
 строка 2, столбец 3) 0.474112
 строка 2, столбец 4) 0.480217
 строка 2, столбец 5) 0.448854
 строка 2, столбец 6) 0.413245
 строка 3, столбец 1) 0.5545
 строка 3, столбец 2) 0.539321
 строка 3, столбец 3) 0.5
 строка 3, столбец 4) 0.476516
 строка 3, столбец 5) 0.467019
 строка 3, столбец 6) 0.428165
 строка 4, столбец 1) 0.559766
 строка 4, столбец 2) 0.519291
 строка 4, столбец 3) 0.521665
 строка 4, столбец 4) 0.4802
 строка 4, столбец 5) 0.467579
 строка 4, столбец 6) 0.461637
 строка 5, столбец 1) 0.590548
 строка 5, столбец 2) 0.564986
 строка 5, столбец 3) 0.549195
 строка 5, столбец 4) 0.500178
 строка 5, столбец 5) 0.482302
 строка 5, столбец 6) 0.498931
 строка 6, столбец 1) 0.607512
 строка 6, столбец 2) 0.583055
 строка 6, столбец 3) 0.559819
 строка 6, столбец 4) 0.535714
 строка 6, столбец 5) 0.498452
 строка 6, столбец 6) 0.484001

$$4)dW_T = \frac{m_2}{m_1+m_2}$$

Погрешности нет, т.к. масса – константная величина

Теоретическая величина относительной потери энергии: $m_2 / (m_1 + m_2)$

строка 1, столбец 1)	0.5
строка 1, столбец 2)	0.47619
строка 1, столбец 3)	0.454545
строка 1, столбец 4)	0.434783
строка 1, столбец 5)	0.416667
строка 1, столбец 6)	0.4
строка 2, столбец 1)	0.523809
строка 2, столбец 2)	0.5
строка 2, столбец 3)	0.478261
строка 2, столбец 4)	0.458333
строка 2, столбец 5)	0.44
строка 2, столбец 6)	0.423077
строка 3, столбец 1)	0.545455
строка 3, столбец 2)	0.521739
строка 3, столбец 3)	0.5
строка 3, столбец 4)	0.48
строка 3, столбец 5)	0.461538
строка 3, столбец 6)	0.444444
строка 4, столбец 1)	0.565217
строка 4, столбец 2)	0.541667
строка 4, столбец 3)	0.52
строка 4, столбец 4)	0.5
строка 4, столбец 5)	0.481481
строка 4, столбец 6)	0.464286
строка 5, столбец 1)	0.583333
строка 5, столбец 2)	0.56
строка 5, столбец 3)	0.538462
строка 5, столбец 4)	0.518519
строка 5, столбец 5)	0.5
строка 5, столбец 6)	0.482759
строка 6, столбец 1)	0.6
строка 6, столбец 2)	0.576923
строка 6, столбец 3)	0.555556
строка 6, столбец 4)	0.535714
строка 6, столбец 5)	0.517241
строка 6, столбец 6)	0.5

```

#include <iostream>
#include <fstream>
#include <math.h>
using namespace std;
#include <vector>
int main()
{
    ifstream fin("notupr.txt");
    setlocale(LC_ALL, "Russian");
    int N;
    float kg = 1000;
    float R1, R2, R3, R4;
    float k = 200, m = 200;
    fin >> N;
    float a = 0, b = 0;
    vector< vector<float> > > a1(N, vector<float> (N));
    vector< vector<float> > > a2(N, vector<float> (N));
    vector< vector<float> > > b2(N, vector<float> (N));
    vector< vector<float> > > c3(N, vector<float> (N));

    cout << endl << "Xi = m1 / (m1 + m2)/////////////////////////////////////////" << endl << endl;

    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            cout << "m1=" << k << " m2=" << m << " ) ";
            R1 = (float)k / (k + m);
            cout << R1 << endl;
            k = k + 20;

        }
        m = m + 20;
        k = 200;
        cout << endl;
    }

    cout << endl << "Yi = t1/t2/////////////////////////////////////////" << endl << endl;

    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            fin >> a2[i][j];
            fin >> b2[i][j];
        }
    }

    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            fin >> a2[i][j];
            fin >> b2[i][j];
        }
    }

    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            cout << "строка " << i + 1 << ", " << "столбец " << j + 1 << " ) ";
            R2 = a2[i][j] / b2[i][j];
            c3[i][j] = R2;
            cout << R2 << endl;

        }
        cout << endl;
    }

    cout << endl << "Экспериментальное значение относительного изменения по формуле: 1 - (m1 + m2) / m1 * (t1/t2)^2" << endl << endl;
    k = 200; m = 200;
    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            a = k / kg;
            b = m / kg;
            cout << "строка " << i + 1 << ", " << "столбец " << j + 1 << " ) ";
            R3 = float(1 - ((a + b) / a) * pow(c3[i][j], 2));
            cout << R3 << endl;
            k = k + 20;
            a = 0; b = 0;

        }
        m = m + 20;
        k = 200;
    }

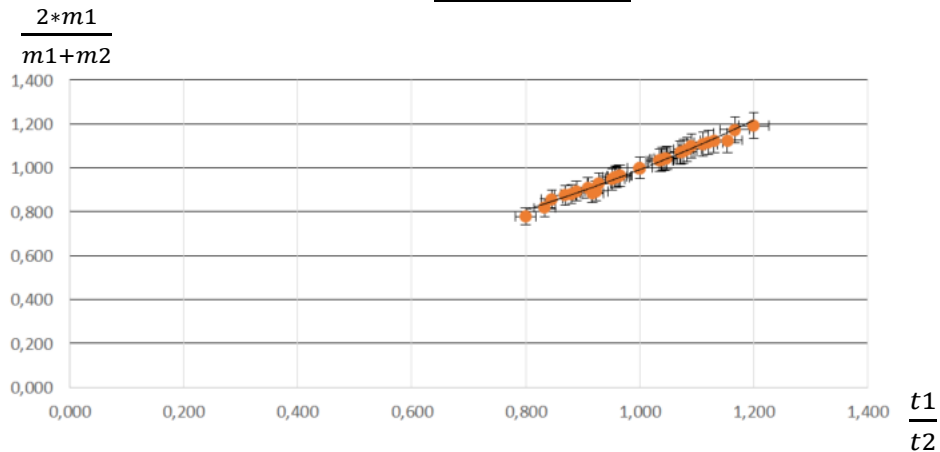
    cout << endl << "Теоретическая величина относительной потери энергии: m2 / (m1 + m2)" << endl << endl;
    k = 200; m = 200;
    for(int i = 0; i < N; i++)
    {
        for(int j = 0; j < N; j++)
        {
            a = k / kg;
            b = m / kg;
            cout << "строка " << i + 1 << ", " << "столбец " << j + 1 << " ) ";
            R4 = (float)b / (a + b);
            cout << R4 << endl;
            k = k + 20;
            a = 0; b = 0;

        }
        m = m + 20;
        k = 200;
    }
}

```

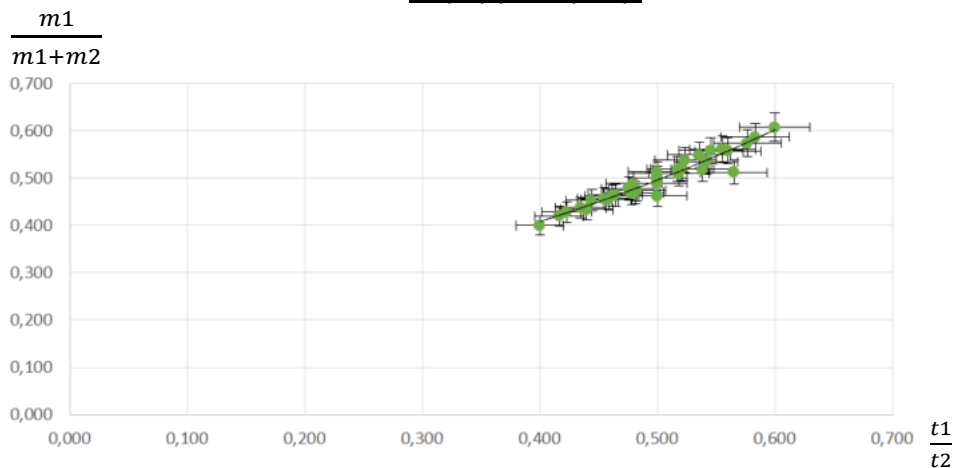

10. График

Упругий удар

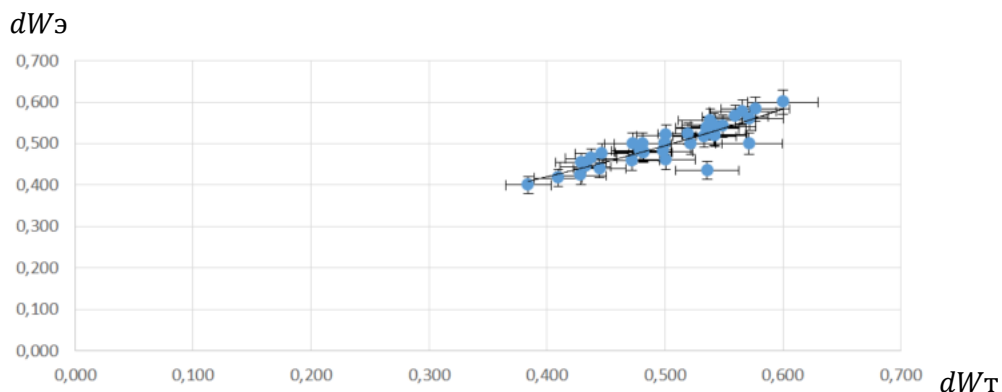


$k = 1.022$ (Погрешность $\delta a = 0,02, \delta o = 2,2\%$)

Неупругий удар



$k = 0.976$ (Погрешность $\delta a = 0,02, \delta o = 2,8\%$)



$k = 0.968$ (Погрешность $\delta a = 0,03, \delta o = 3,2\%$)

11. Выводы и анализ результатов работы:

Если проанализировать графики зависимости $Y_i = Y_i(X_i)$ упругого столкновения и неупругого столкновения, то можно заметить, что при увеличении массы m_1 , отношение конечной и начальной скоростей возрастает. Это говорит нам о том, что сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается неизменной, то есть выполняется закон сохранения импульса для упругого и абсолютно неупругого ударов.

Также, если проанализировать графики зависимости экспериментального значения относительного изменения полной энергии от теоретической величины относительной потери энергии для неупругого соударения, то можно прийти к выводу, что кинетическая энергия не сохраняется, т.к. часть энергии превращается во внутреннюю.