XII Всероссийская научно-практическая конференция
молодых ученых **«РОССИЯ МОЛОДАЯ»**
63706.1 **21-24 апреля 2020 г.**

УДК: 372.853

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Мальшин А.А., к.т.н., доцент, доцент
Воронина М. С., студент гр. ПИб-182, 1 курс
Сладкова Е. А., студент гр. ПИб-182, 1 курс
Фещук К. В., студент гр. ПИб-182, 1 курс

Научный руководитель: Янина Т.И., к.т.н., доцент, доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В процессе преподавания различных разделов физики для большей наглядности в настоящее время необходимо использовать компьютерное моделирование, которое позволяет визуализировать решение задачи и увидеть результаты решения при различных начальных параметрах.

В определенных разделах физики моделирование позволяет решать задания в которых решения изменяются на противоположные при разных условиях, например: упругий и неупругий удар. Можно рассмотреть решение при степени упругости К в интервале от 0 до 1.

Компьютерное моделирование проводилось на языке Delphy в программе записывались уравнения нужные для решения задачи, затем вычислялись значения при разных начальных условиях.

В качестве примера рассмотрим решение задачи о соударении двух свинцовых шаров [1], подвешенных на одинаковых нитях при степени упругости К. Пусть первый шар меньшей массы отклонили на угол α от вертикали и отпустили (рис. 1).

Для создания модели записываем уравнения:

закон сохранения импульса $m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2;$

закон сохранения энергии $m_1\frac{V_1^2}{2} + m_1\frac{V_2^2}{2} = m_1\frac{U_1^2}{2} + m_1\frac{U_2^2}{2} + A;$

степень упругости удара $К = \frac{U_{отн}}{V_{отн}}$.

где $\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{U}_1, \ \vec{U}_2$ – скорости первого и второго шаров до и после удара;

$\vec{V}_{отн} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$, $U_{отн} = \vec{U}_1 - \vec{U}_2$ – относительные скорости до и после удара;

A – энергия, затраченная на работу деформации шаров.

Меньший шар отскакивает от большего, поэтому в проекции на ось x, закон сохранения импульса выглядит так $m_1V_1 = -m_1U_1 + m_2U_2$.

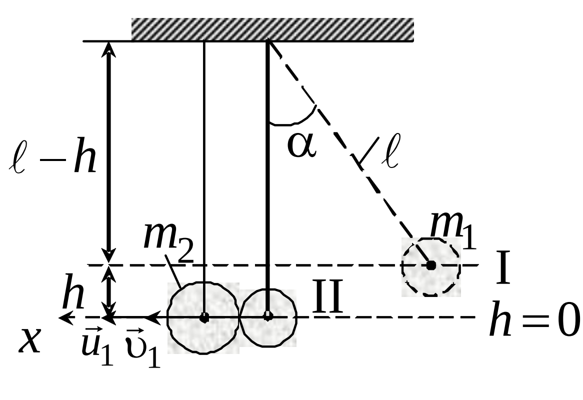

Рис. 1

Степень упругости удара $К = \frac{U_1+U_2}{V_1}$.

Скорость меньшего шара до удара $\vec{V_1}$ определяем из закона сохранения механической энергии (силой сопротивления среды пренебрегаем). Потенциальная энергия начального положения m_1gh (отсчет высоты ведется от уровня $h_0 = 0$, соответствующего положению равновесия шаров равна кинетической энергии шара в нижней точке:

$$m_1gh = m_1\frac{V_1^2}{2}$$

Откуда скорость первого шара до удара $V_1 = \sqrt{2gh}$.

Высоту h определяем из формулы $l - h = lcos\alpha$, тогда $V_1 = \sqrt{2gl(1 - cos\alpha)}$.

Решая систему уравнений, находим, что скорости шаров после частично упругого удара будут зависеть от степени упругости удара:

$$U_1 = \frac{V_1(m_2К-m_1)}{m_1+m_2}$$

$$U_2 = \frac{V_1m_1(К+1)}{m_1+m_2}.$$

Для случая неупругого удара К = 0:

$$U_1 = U_2 = \frac{V_1m_1}{m_1+m_2}$$

В случае упругого удара К = 1:

$$U_1 = \frac{V_1(m_2-m_1)}{m_1+m_2}$$

$$U_2 = \frac{2V_1m_1}{m_1+m_2}.$$

Энергия деформации при неупругом ударе $A = W_{деф}$ определяется разностью кинетических энергий шаров T_I и T_{II} до и после удара:

$$T_I = \frac{m_1\upsilon_1^2}{2} = m_1g\ell\cdot(1-\cos\alpha);$$

$$T_{II} = \frac{m_1+m_2}{2}\cdot u^2 = \frac{m_1^2}{m_1+m_2}\cdot g\ell(1-\cos\alpha).$$

Следовательно:

$$W_{деф} = T_I - T_{II} = m_1g\ell\cdot(1-\cos\alpha)\cdot\left(1-\frac{m_1}{m_1+m_2}\right) = \frac{m_1m_2g\ell\cdot(1-\cos\alpha)}{m_1+m_2}.$$

При упругом ударе работа деформации равна нулю.

В случае частично упругого удара работа деформации определяется более сложным образом

$$A = m_1\frac{V_1^2}{2}\left(1 - \frac{(m_1-Кm_2)^2+m_2(К+1)^2}{{(m_1+m_2)}^2}\right) = m_1\frac{V_1^2}{2}\frac{m_2(1-К^2)}{m_1+m_2}.$$

Можно получить какая часть энергии первого шара уходит на деформацию шаров при частично упругом ударе

$$\varphi = \frac{A}{m_1\frac{V_1^2}{2}} = \frac{m_2(1-К^2)}{m_1+m_2}.$$

При равных массах шаров половина энергии идет на деформацию при неупругом ударе, а при стремлении степени упругости к единице деформация стремится к нулю. Если взять $m_2 = 1{,}5m_1$, то есть $\mathrm{C} = \frac{m_2}{m_1}$=1,5 получим

$$\varphi = \frac{\mathrm{C}(1-\mathrm{K}^2)}{1+\mathrm{C}} = 0{,}6\ (1-\mathrm{K}^2).$$

Получается, что при неупругом ударе на деформацию идет 60% энергии. Когда масса второго шара во много раз больше массы первого, то доля энергии определяется только степенью упругости

$$\varphi = \frac{\mathrm{C}(1-\mathrm{K}^2)}{1+\mathrm{C}} \cong (1-\mathrm{K}^2).$$

В этом случае при неупругом ударе практически вся энергия идет на деформацию.

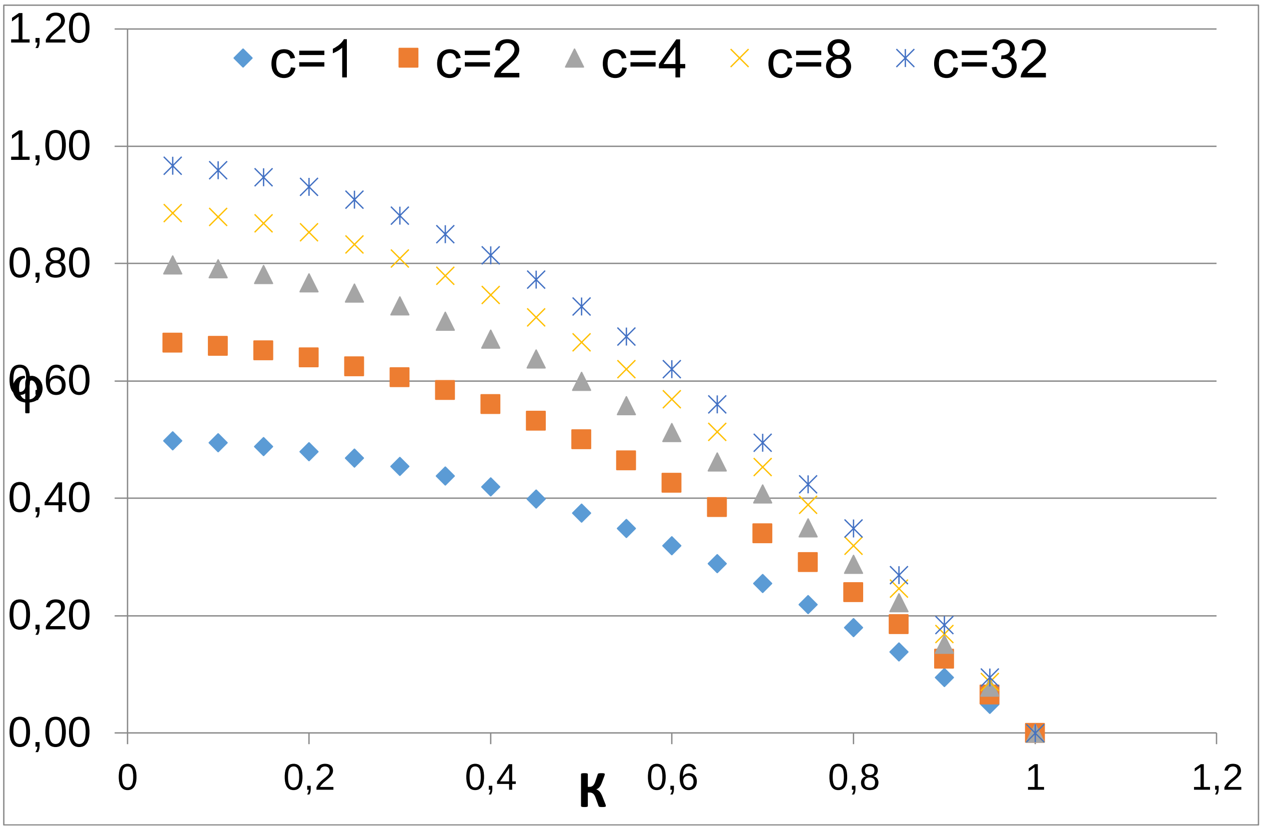

Рис. 1. График зависимости доли первоначальной энергии φ от степени упругости удара К, для различного отношения масс С.

На рис.1 представлено как зависит энергия, пошедшая на работу деформации от степени упругости удара, при различном отношении масс соударяющихся шаров. Видно что при С = 8 нет больших различий с графиком при С = 32.

Можно сделать следующий вывод – компьютерное моделирование позволяет решать сложные физические задачи при условии изменения начальных условий и исследовать получившиеся результаты.

Список литературы

1. Дырдин, В. В. Физика. Механика. Молекулярная физика /В. В. Дырдин, А. А. Мальшин, С. А. Шепелева; ФГБОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева". – Кемерово : Издательство КузГТУ, 2014. – 202 с.