

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.5

Изучение упругих и неупругих ударов

Ознакомьтесь с конспектом лекций и учебником (Савельев, т.1, § 27, 28). Запустите программу. Выберите «Механика» и «Упругие и неупругие соударения». Нажмите вверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Составьте конспект.

Цель работы

- Выбор физических моделей для анализа взаимодействия двух тел.
- Исследование физических характеристик, сохраняющихся при столкновениях.
- Экспериментальное определение зависимости тепловыделения при неупругом столкновении от соотношения масс при разных скоростях.

Краткая теория

Столкновение (удар, соударение) - модель взаимодействия двух тел, длительность которого равна нулю (мгновенное событие). Применяется для описания реальных взаимодействий, длительностью которых можно пренебречь в условиях данной задачи.

Абсолютно упругий удар - столкновение двух тел, после которого форма и размеры сталкивающихся тел восстанавливаются полностью до состояния, предшествовавшего столкновению. Суммарные импульс и кинетическая энергия системы из двух таких тел сохраняются (ПОСЛЕ столкновения такие же, какими были ДО столкновения)

$$\vec{p}_1^{\text{ПОСЛЕ}} + \vec{p}_2^{\text{ПОСЛЕ}} = \vec{p}_1^{\text{ДО}} + \vec{p}_2^{\text{ДО}}; \quad E_{K1}^{\text{ПОСЛЕ}} + E_{K2}^{\text{ПОСЛЕ}} = E_{K1}^{\text{ДО}} + E_{K2}^{\text{ДО}}.$$

Абсолютно - столкновение двух тел, после которого форма и размеры тел не восстанавливаются, тела «слипаются» и движутся как одно целое с одной скоростью. Суммарный импульс двух неупруго сталкивающихся тел сохраняется, а кинетическая энергия становится меньше, так как часть энергии переходит в конечном итоге в тепловую

$$\vec{p}_1^{\text{ПОСЛЕ}} + \vec{p}_2^{\text{ПОСЛЕ}} = \vec{p}_1^{\text{ДО}} + \vec{p}_2^{\text{ДО}}, \quad E_{K1}^{\text{ПОСЛЕ}} + E_{K2}^{\text{ПОСЛЕ}} = E_{K1}^{\text{ДО}} + E_{K2}^{\text{ДО}} - E_{\text{ТЕПЛ}}.$$

Используя определение импульса и определение абсолютно неупругого удара, преобразуем закон сохранения импульса, спроектировав его на ось Ox , вдоль которой движутся тела, в следующее уравнение

$$(m_1 + m_2) v_X^{\text{ПОСЛЕ}} = m_1 v_{1X}^{\text{ДО}} + m_2 v_{2X}^{\text{ДО}},$$

а закон для кинетической энергии преобразуем в такое уравнение

$$E_{\text{ТЕПЛ}} = \frac{1}{2} [m_1 (v_{1X}^{\text{ДО}})^2 + m_2 (v_{2X}^{\text{ДО}})^2 - (m_1 + m_2) (v_X^{\text{ПОСЛЕ}})^2].$$

Умножив и разделив второе уравнение на $(m_1 + m_2)$, и используя первое уравнение, получим

$$E_{\text{ТЕПЛ}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 (m_1 + m_2) (v_{1X}^{\text{ДО}})^2 + m_2 (m_1 + m_2) (v_{2X}^{\text{ДО}})^2 - (m_1 v_{1X}^{\text{ДО}} + m_2 v_{2X}^{\text{ДО}})^2}{m_1 + m_2}$$

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ δ равна отношению

$$\delta = \frac{E_{\text{ТЕПЛ}}}{E_{K1}^{\text{ДО}} + E_{K2}^{\text{ДО}}} = \frac{m_1 m_2 (v_{1X}^{\text{ДО}} - v_{2X}^{\text{ДО}})^2}{(m_1 + m_2) [m_1 (v_{1X}^{\text{ДО}})^2 + m_2 (v_{2X}^{\text{ДО}})^2]} = \frac{(1 - \beta)^2}{(1 + \frac{1}{\xi}) [\xi + \beta^2]},$$

где

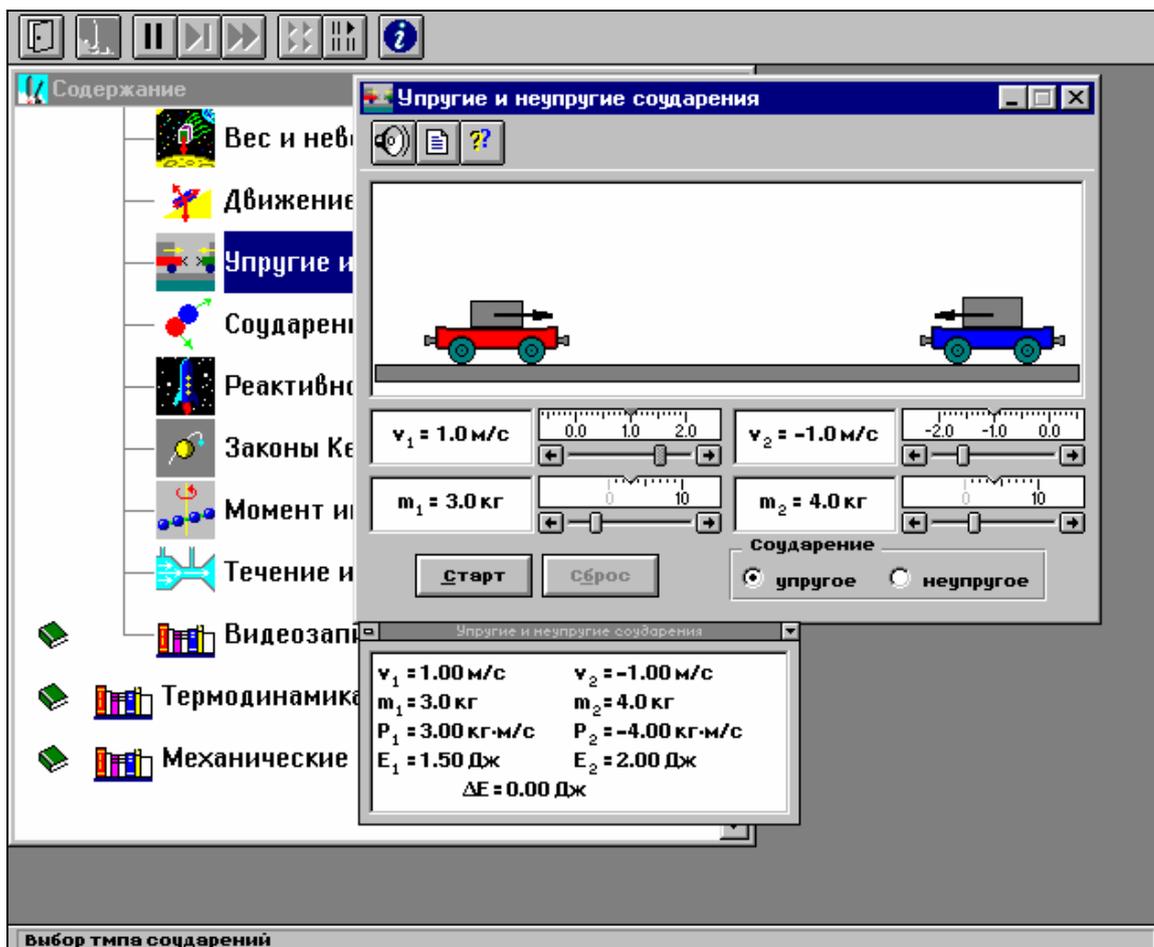
$$\beta = \left(\frac{v_{2X}^{\text{ДО}}}{v_{1X}^{\text{ДО}}} \right); \quad \xi = \frac{m_1}{m_2}.$$

Задание: Выведите формулу для относительной величины тепловой энергии в пределе

- 1) $m_1 = m_2$ и
- 2) $v_{2X}^{\text{ДО}} = -v_{1X}^{\text{ДО}}$.

Методика и порядок проведения измерений

Внимательно рассмотрите рисунок, найдите все регуляторы и другие основные элементы и зарисуйте их в конспект.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

Эксперимент 1.

Исследование абсолютно упругого удара

Включите кнопку «Упругий» справа внизу. Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение массы первой тележки m_1 и ее начальную скорость $v_{1X}^{ДО}$, указанные в табл. 1 для вашей бригады. Для массы второй тележки выберите минимальное значение. Ее начальную скорость выберите равной $v_{2X}^{ДО} = -v_{1X}^{ДО}$.

Нажимая мышью на кнопку «СТАРТ» на экране монитора, следите за движением тележек, останавливая движение после первого столкновения кнопкой «СТОП». Результаты измерений необходимых величин записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже. Измените на 1 кг значение массы второй тележки и повторите измерения.

Форма 3. Результаты измерений и расчетов для абсолютно неупругого удара (количество измерений и строк = 11)

Номер измерения	$m_2 = m_1 = \underline{\hspace{1cm}}, v_{1X}^{\text{ДО}} = \underline{\hspace{1cm}}$							
	$v_{2X}^{\text{ДО}}$ (м/с)	$v_X^{\text{ПОСЛЕ}}$ (м/с)	ε (Дж)	$E_K^{\text{ПОСЛЕ}}$ (Дж)	$\delta_{\text{ИЗМ}}$	$\delta_{\text{РАСЧ}}$	β	ξ
1	0							1
2	-0.2							1
...								1

Обработка результатов и оформление отчета

1. Вычислите требуемые величины и заполните таблицы по форме 1, 2 и 3.
2. Постройте графики зависимостей относительного значения тепловой энергии δ :

а) от отношения $\frac{\xi}{(1 + \xi)^2}$ при $\beta = -1$;

б) от отношения $\frac{(1 - \beta)^2}{1 + \beta^2}$ при $\xi = 1$.

3. Проанализируйте графики и сделайте выводы.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое удар (столкновение, соударение)?
2. Для какого взаимодействия двух тел можно применять модель столкновения?
3. Какое столкновение называют абсолютно неупругим?
4. Какое столкновение называют абсолютно упругим?
5. При каком столкновении выполняется закон сохранения импульса?
6. Дайте словесную формулировку закона сохранения импульса.
7. При каком столкновении выполняется закон сохранения кинетической энергии?
8. Дайте словесную формулировку закона сохранения кинетической энергии.
9. Дайте определение кинетической энергии.
10. Дайте определение потенциальной энергии.
11. Что такое полная механическая энергия.
12. Что такое замкнутая система тел?
13. Что такое изолированная система тел?
14. При каком столкновении выделяется тепловая энергия?