

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1_5 УПРУГИЕ И НЕУПРУГИЕ УДАРЫ

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике (Савельев, т.1, § 27, 28). Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe. Щелкайте левой кнопкой мыши, поместив ее маркер на кнопке «↓» справа внизу, пока не появится кнопка «Упругие и неупругие соударения». Нажмите ее и кнопку «Физика». Прочитайте теорию на экране.

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 НЕУПРУГИЙ УДАР - 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 ОХ, 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:

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

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

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

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЕЛИЧИНА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ δ равна отношению

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

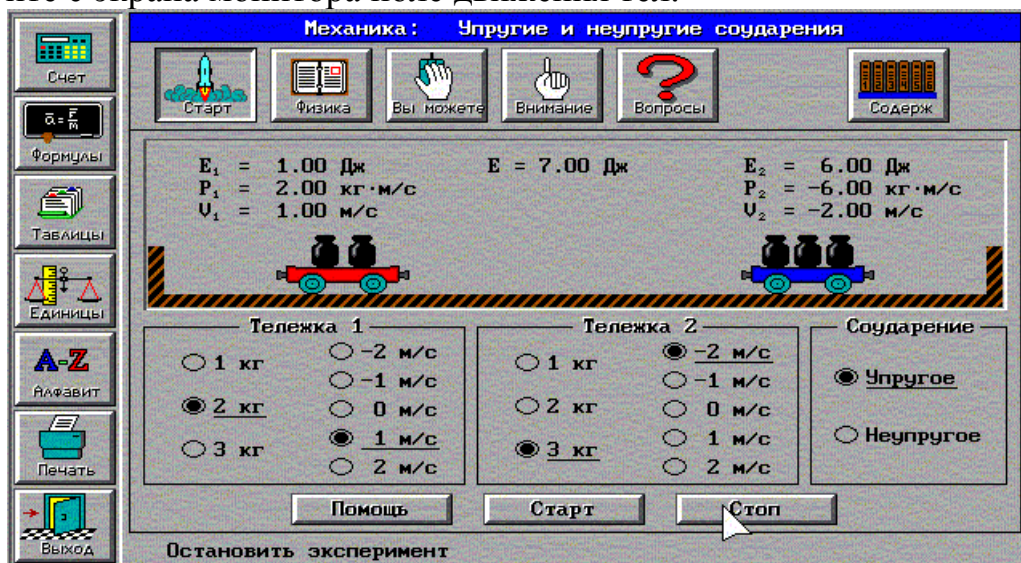
$$\beta = \left(\frac{V_{2X}^{\text{ДО}}}{V_{1X}^{\text{ДО}}} \right); \xi = \frac{m_1}{m_2}.$$

ЗАДАНИЕ: Выведите формулу для относительной величины тепловой энергии в пределе:

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

СХЕМА УСТАНОВКИ

Зарисуйте с экрана монитора поле движения тел.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

ЭКСПЕРИМЕНТ 1. Исследование абсолютно упругого удара.

Нажмите кнопку «Упругий» справа внизу. Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение массы первой тележки m_1 и ее начальную скорость $V_{1X}^{\text{ДО}}$, указанные в табл. 1 для вашей бригады. Для массы второй тележки выберите минимальное значение. Начальную скорость выберите равной 0. Нажимая мышью на кнопку «СТАРТ» на экране монитора, следите за движением тележек, останавливая движение после первого столкновения кнопкой «Pause» на клавиатуре (верхний ряд, справа). Результаты измерений необходимых величин записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже. Измените значение скорости второй тележки и повторите измерения. Когда возможные значения скорости будут исчерпаны, увеличьте массу второй тележки и повторите измерения, начиная с нулевой ее скорости.

ЭКСПЕРИМЕНТ 2. Исследование абсолютно неупругого удара

Нажмите кнопку «Неупругий» справа внизу. Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение масс тележек и их начальные скорости, указанные в табл. 1 для вашей бригады. Проведите измерения, аналогичные эксперименту 1. Результаты запишите в таблицу 3, образец которой приведен ниже.

Таблица 1. Значения для первого и второго экспериментов (не перерисовывать).

Номер бригады	m_1 (кг)	$V_{1X}^{ДО}$ (м/с)	Номер бригады	m_1 (кг)	$V_{1X}^{ДО}$ (м/с)
1	1	1	5	3	1
2	1	2	6	3	2
3	2	1	7	1	-1
4	2	2	8	1	-2

Таблица 2. Результаты измерений и расчетов для абсолютно упругого удара (количество измерений и строк = 9)

Номер измерения	$m_1 =$, $V_{1X}^{ДО} =$					
	m_2 (кг)	$V_{2X}^{ДО}$ (м/с)	$V_{1X}^{ПОСЛЕ}$ (м/с)	$V_{2X}^{ПОСЛЕ}$ (м/с)	$E_K^{ДО}$ (Дж)	$E_K^{ПОСЛЕ}$ (Дж)
1	1	0				
2	1	-1				
...						

Таблица 3. Результаты измерений и расчетов для абсолютно неупругого удара (количество измерений и строк = 9)

Номер измерения	$m_1 =$, $V_{1X}^{ДО} =$								
	m_2 (кг)	$V_{2X}^{ДО}$ (м/с)	$V_X^{ПОСЛЕ}$ (м/с)	$E_K^{ДО}$ (Дж)	$E_K^{ПОСЛЕ}$ (Дж)	$\delta_{ИЗМ}$	$\delta_{РАСЧ}$	β	ξ
1	1	0							
2	1	-1							
...									

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

1. Вычислить требуемые величины и заполнить таблицы 2 и 3.
2. Построить графики зависимостей относительного значения тепловой энергии δ а) от отношения $\frac{\xi}{(1+\xi)^2}$ при $\beta = -1$ и б) от отношения $\frac{(1-\beta)^2}{1+\beta^2}$ при $\xi = 1$.
3. Проанализировать графики и сделать выводы.

Вопросы и задания для самоконтроля по работе 1_5

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?
15. При каком столкновении форма тел восстанавливается?
16. При каком столкновении форма тел не восстанавливается?