

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1_6 СОУДАРЕНИЯ УПРУГИХ ШАРОВ

Ю.В.Тихомиров

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и учебнике (Савельев, т.1, § 27, 28)

Запустите программу PHYSICS\BOOKS.exe (кнопки «Соударения шаров», «Физика»).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Выбор физических моделей для анализа взаимодействия двух шаров при столкновении.

- Исследование физических характеристик, сохраняющихся при соударениях упругих шаров.

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ:

Ознакомьтесь с текстом в методичке и в программе компьютера (кнопка “Физика”). Законспектируйте следующий материал:

УДАР (СОУДАРЕНИЕ, СТОЛКНОВЕНИЕ) - 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):

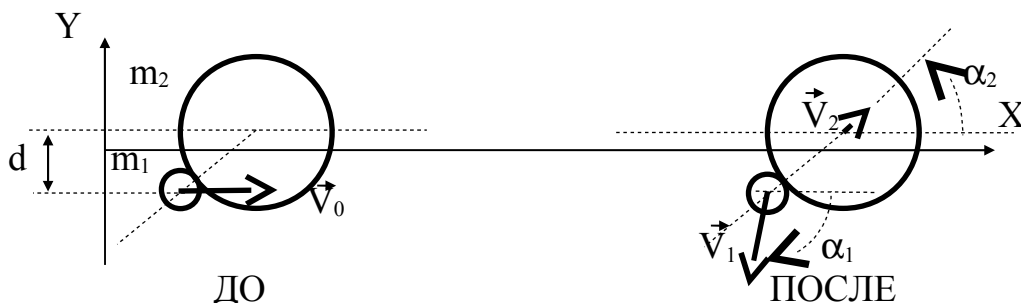
$$\vec{p}_1^{\text{ПОСЛЕ}} + \vec{p}_2^{\text{ПОСЛЕ}} = \vec{p}_1^{\text{ДО}} + \vec{p}_2^{\text{ДО}}; \quad E_{K1}^{\text{ПОСЛЕ}} + E_{K2}^{\text{ПОСЛЕ}} = E_{K1}^{\text{ДО}} + E_{K2}^{\text{ДО}}.$$

Пусть второй шар до удара покоится. Тогда, используя определение импульса и определение абсолютно упругого удара, преобразуем закон сохранения импульса, спроектировав его на ось ОХ, вдоль которой движется тело, и ось ОУ, перпендикулярную ОХ, в следующее уравнение:

$$m_1 v_{1X}^{\text{ПОСЛЕ}} + m_2 v_{2X}^{\text{ПОСЛЕ}} = m_1 v_{1X}^{\text{ДО}}, \quad m_1 v_{1Y}^{\text{ПОСЛЕ}} + m_2 v_{2Y}^{\text{ПОСЛЕ}} = 0.$$

Далее изменим обозначения (для сокращения записи):

$$v_{1X}^{\text{ПОСЛЕ}} = v_{1X}; v_{2X}^{\text{ПОСЛЕ}} = v_{2X}; v_{1Y}^{\text{ПОСЛЕ}} = v_{1Y}; v_{2Y}^{\text{ПОСЛЕ}} = v_{2Y}; v_1^{\text{ДО}} = v_0.$$



ПРИЦЕЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ d есть расстояние между линией движения первого шара и параллельной ей линией, проходящей через центр второго шара. Законы сохранения для кинетической энергии и импульса преобразуем и получим:

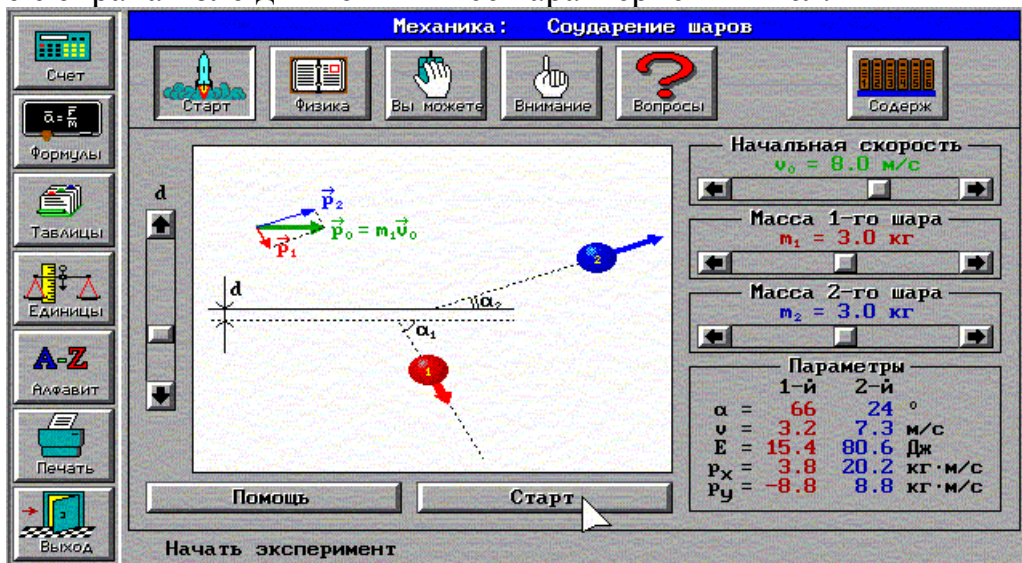
$$(V_0^2 - V_1^2) = \frac{m_2}{m_1} V_2^2 \quad (1)$$

$$(V_0 - V_1 \cos \alpha_1) = \frac{m_2}{m_1} V_2 \cos \alpha_2 \quad (2)$$

$$V_1 \sin \alpha_1 = - \frac{m_2}{m_1} V_2 \sin \alpha_2 \quad (3)$$

ЗАДАНИЕ: Выведите формулы 1, 2 и 3

Нажмите кнопку «Старт» в верхней части экрана. Рассмотрите картинку на экране. Установив прицельное расстояние $0 < d < R$ мышью нажмите кнопку «Старт» внизу экрана и наблюдайте процесс рассеяния при столкновении. Запишите с экрана поле движения и все характеристики тел.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Установите, двигая мышью движки регуляторов, массы шаров и начальную скорость первого шара (первое значение), указанные в табл. 1 для вашей бригады. Прицельное расстояние d выберите равным нулю. Нажимая мышью на кнопку «СТАРТ» на экране монитора, следите за движением шаров. Результаты измерений необходимых величин записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже.

Измените значение прицельного расстояния d на минимальную величину ($0.1d/R$, где R - радиус второго шара) и повторите измерения.

Когда возможные значения d/R будут исчерпаны, увеличьте начальную скорость первого шара и повторите измерения, начиная с нулевого прицельного расстояния d . Результаты запишите в новую таблицу 3, аналогичную табл. 2.

Таблица 1. Массы шаров и начальные скорости (не перерисовывать).

Номер бригады	m_1 (кг)	m_2 (кг)	V_0 (м/с)	V_0 (м/с)
1	1	5	4	7
2	2	5	4	7
3	3	5	4	7
4	4	5	4	7

Номер бригады	m_1 (кг)	m_2 (кг)	V_0 (м/с)	V_0 (м/с)
5	1	4	5	8
6	2	4	5	8
7	3	4	5	8
8	4	4	5	8

Таблицы 2 и 3. Результаты измерений и расчетов (количество измерений и строк = 10)

$m_1 =$ (кг), $m_2 =$ (кг), $V_0 =$ (м/с), $(V_0)^2 =$ (м/с ²)											
№	d/R	V_1 м/с	V_2 м/с	α_1 град	α_2 град	$V_1 \cos \alpha_1$ м/с	$V_1 \sin \alpha_1$ м/с	$V_2 \cos \alpha_2$ м/с	$V_2 \sin \alpha_2$ м/с	V_1^2 (м/с) ²	V_2^2 (м/с) ²
1	0										
2	0.1										
...											

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА:

- Вычислите необходимые величины и заполните таблицы 2 и 3.
- Постройте графики зависимостей (на трех рисунках)
 - разности квадратов скоростей первого шара до и после удара как функция от квадрата скорости второго шара после удара $(V_0^2 - V_1^2) = f(V_2^2)$,
 - разности проекций на ОХ скоростей первого шара до и после удара как функция от проекции на ОХ скорости второго шара после удара $(V_0 - V_1 \cos \alpha_1) = f(V_2 \cos \alpha_2)$,
 - проекции на ОУ скорости первого шара после удара от проекции на ОУ скорости второго шара после удара $V_1 \sin \alpha_1 = f(V_2 \sin \alpha_2)$.
- По каждому графику определите отношение масс m_2/m_1 шаров. Вычислить среднее значение этого отношения и абсолютную ошибку среднего.
- Проанализируйте и сравните измеренные и заданные значения отношения масс.

Вопросы и задания для самоконтроля по работе 1_6

- Что такое удар (столкновение)?
- Для какого взаимодействия двух тел можно применять модель столкновения?
- Какое столкновение называют абсолютно упругим?
- При каком столкновении выполняется закон сохранения импульса?
- Дайте словесную формулировку закона сохранения импульса.
- При каких условиях сохраняется проекция суммарного импульса системы тел на некоторую ось.

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?
17. Что такое прицельное расстояние (параметр) при столкновении шаров?