

Лабораторная работа № 1.4

АБСОЛЮТНО НЕУПРУГИЙ УДАР

1.4.1. Цель работы

Целью работы является исследование физических характеристик, сохраняющихся при столкновениях, и экспериментальное определение зависимости тепловыделения при неупругом столкновении от соотношения масс при разных скоростях.

1.4.2. 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 полная механическая энергия системы из двух таких тел сохраняются (после столкновения они такие же, какими были до столкновения):

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2, \quad (1.4.1)$$

$$E_{K1} + E_{K2} = E'_{K1} + E'_{K2}. \quad (1.4.2)$$

В формуле (1.4.2) присутствует только кинетическая энергия, так как потенциальная энергия при ударе не изменяется.

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

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2', \quad (1.4.3)$$

$$E_{K1}' + E_{K2}' = E_{K1} + E_{K2} - E_{\text{тепл}}. \quad (1.4.4)$$

Используя определение импульса и определение абсолютно неупругого удара, преобразуем закон сохранения импульса, спроектировав импульсы тел на ось OX , вдоль которой движутся тела, в следующее уравнение:

$$m_1 v_{1X} + m_2 v_{2X} = (m_1 + m_2) v_X', \quad (1.4.5)$$

а закон для кинетической энергии преобразуем в уравнение

$$E_{\text{тепл}} = \frac{1}{2} \left[m_1 (v_{1X})^2 + m_2 (v_{2X})^2 - (m_1 + m_2) (v_X')^2 \right]. \quad (1.4.6)$$

Умножим и разделим второе уравнение на $(m_1 + m_2)$ и, используя первое уравнение, получим

$$E_{\text{тепл}} = \frac{\left[m_1 (m_1 + m_2) (v_{1X})^2 + m_2 (m_1 + m_2) (v_{2X})^2 - (m_1 v_{1X} + m_2 v_{2X})^2 \right]}{2 (m_1 + m_2)}. \quad (1.4.7)$$

Раскрывая скобки, получим

$$E_{\text{тепл}} = \frac{m_1 m_2 (v_{1X} - v_{2X})^2}{2 (m_1 + m_2)}. \quad (1.4.8)$$

Относительная величина тепловой энергии

$$\delta = \frac{E_{\text{тепл}}}{E_{K1} + E_{K2}} \quad (1.4.9)$$

1.4.3. Порядок выполнения работы

Запустите программу «Открытая физика 1.1». Выберите «Механика» и «Упругие и неупругие соударения». Нажмите сверху внутреннего окна кнопку с изображением страницы. Прочитайте краткие теоретические сведения. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

Внимательно рассмотрите рисунок 1.4.1, найдите все регулируемые величины и запишите их в соответствующую таблицу в отчете (см. с. 6).

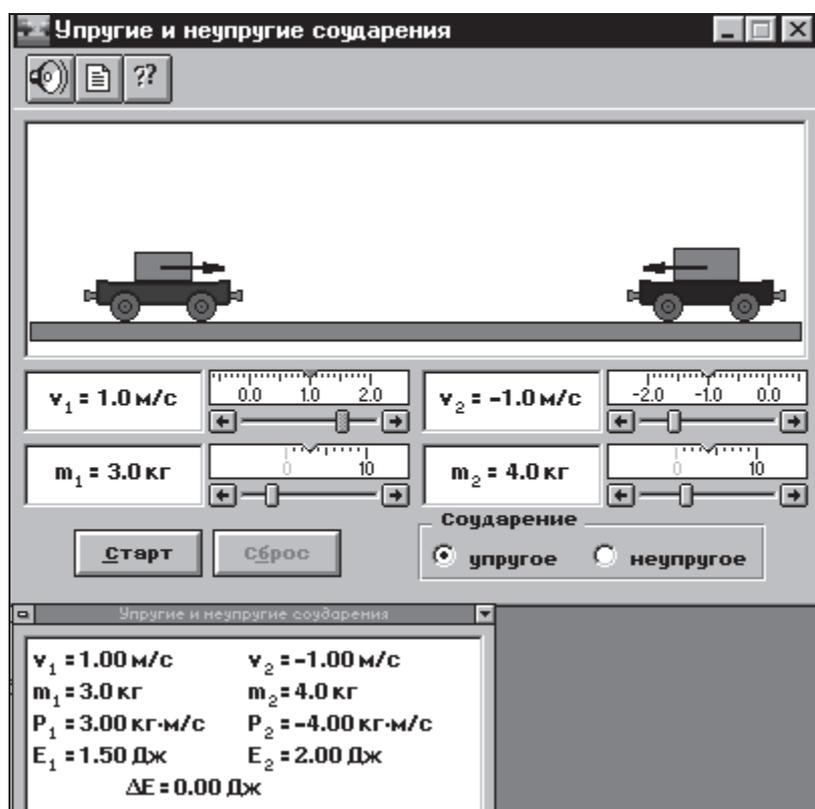


Рис. 1.4.1. Упругие и неупругие соударения

1. Исследование зависимости тепловыделения от соотношения масс тележек при абсолютно неупругом ударе

Коротко нажав левую кнопку мыши, поставьте метку около надписи «неупругое» справа внизу. Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение массы первой тележки m_1 и ее начальную скорость

v_{1X} , указанные в табл. 1.4.1 для вашей бригады. Для массы второй тележки выберите минимальное значение (1 кг). Ее начальную скорость v_{2X} выберите равной $(-v_{1X})$. Запишите в табл. 1.4.2 значения кинетической энергии тележек до удара.

Нажимая мышью на кнопку «Старт» на экране монитора, следите за движением тележек, останавливая движение после первого столкновения кнопкой «Стоп». Запишите в эту же таблицу скорость, кинетическую энергию тележек после удара и тепловую энергию (в окне опыта она обозначена ΔE). Нажмите кнопку «Сброс». Измените на 1 кг значение массы второй тележки и повторите измерения.

2. Исследование зависимости тепловыделения от соотношения скоростей тележек при абсолютно неупругом ударе

Установите, нажимая мышью на кнопки регуляторов, значение массы второй тележки, равное массе первой тележки, начальную скорость первой тележки, указанные в табл. 1.4.1 для вашей бригады. Повторите эксперимент, изменяя скорость второй тележки от 0 до -2 м/с с шагом 0,2 м/с. Результаты измерений запишите в табл. 1.4.3.

Таблица 1.4.1

Исходные данные

Номер бригады	m_1 , кг	v_{1X} , м/с	Номер бригады	m_1 , кг	v_{1X} , м/с
1	2	1	5	6	1
2	3	2	6	7	2
3	4	1	7	8	1
4	5	2	8	9	2

Таблица 1.4.2

Исследование зависимости тепловыделения от соотношения масс

Номер измерения	$m_1 = \text{_____}; \quad v_{1X} = \text{_____}; \quad v_{2X} = - \text{_____}$								
	m_2 , кг	E_{K1} , Дж	E_{K2} , Дж	v_X' , м/с	E_{K1}' , Дж	E_{K2}' , Дж	ΔE , Дж	δ	$\frac{m_1}{m_2}$
1	1								
2	2								
3	3								
4	4								
5	5								
6	6								
7	7								
8	8								
9	9								
10	10								

Таблица 1.4.3

Исследование зависимости тепловыделения от соотношения скоростей

Номер измерения	$m_2 = m_1 = \text{_____}; \quad v_{1X} = \text{_____}$							
	v_{2X} , м/с	E_{K1} , Дж	E_{K2} , Дж	v_X' , м/с	E_K' , Дж	ΔE , Дж	δ	$\frac{v_{2X}}{v_{1X}}$
1	0							
2	-0,2							
3	-0,4							
4	-0,6							
5	-0,8							
6	-1,0							
7	-1,2							
8	-1,4							
9	-1,6							
10	-1,8							
11	-2,0							

1.4.4. Обработка результатов измерений

1. Вычислите относительную величину тепловой энергии по формуле (1.4.9) и заполните таблицы 1.4.2 и 1.4.3.
2. По результатам расчетов табл. 1.4.2 постройте график зависимости относительного значения тепловой энергии δ от $\frac{m_1}{m_2}$.
3. По результатам расчетов табл. 1.4.3 постройте график зависимости относительного значения тепловой энергии δ от $\frac{v_{2X}}{v_{1X}}$.
4. Проанализируйте графики и сделайте выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое удар?
2. Какое столкновение называется абсолютно неупругим?
3. Какое столкновение называется абсолютно упругим?
4. Сформулируйте закон сохранения импульса. При каком столкновении он выполняется?
5. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии. При каком столкновении он выполняется?
6. Что называется полной механической энергией?
7. Какая система тел называется замкнутой (изолированной)?
8. При каком столкновении выделяется тепловая энергия?
9. Как рассчитывается относительная тепловая энергия?