

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Исследование линейных соударений на воздушной дорожке

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Одним из важных выводов из третьего закона Ньютона является сохранение импульса при соударении двух тел. Одним из способов проверки этого является исследование соударения двух скользящих тел на воздушной дорожке. Когда вся кинетическая энергия сохраняется, мы говорим об упругих соударениях. В случаях, когда кинетическая энергия сохраняется только для общего центра тяжести двух тел, мы используем термин

неупругие соударения. В этом опыте отдельные скорости скользящих тел определяются по времени пересечения фотоэлектрических световых барьеров, а значения импульсов вычисляются исходя из этих скоростей.

ТРЕБУЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Количество	Наименование	№ по каталогу
1	Воздушная дорожка	U20610
1	Генератор воздушного потока (230 В, 50/60 Гц)	U15425-230 или U15425-115
1	Цифровой счетчик с интерфейсом (230 В, 50/60 Гц)	U210051-230 или U210051-115
2	Рамка с фотоэлементами	U11365
2	Тяжелая круглая опора, 1000 г	U13265
2	Универсальный зажим	U13255
2	Стержень из нержавеющей стали, 470 мм	U15002
Дополнительно рекомендуется иметь:		
1	Механические весы 610	U42000

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Одним из важных выводов из третьего закона Ньютона является сохранение импульса при соударении двух тел. Одним из способов проверки этого является исследование соударения двух скользящих тел на воздушной дорожке.

В системе координат их общего центра тяжести полный импульс двух тел массой m_1 и m_2 равен нулю до и после соударения.

(1)
$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 = 0$$

 \vec{p}_1, \vec{p}_2 : Отдельные импульсы перед соударением, \vec{p}'_1, \vec{p}'_2 : Отдельные импульсы после соударения:

Кинетическая энергия двух скользящих тел в общей системе координат определяется выражением

(2)
$$\vec{E} = \frac{\vec{p}_1^2}{2m_1} + \frac{\vec{p}_2^2}{2m_2}$$

В зависимости от характера соударения кинетическая энергия может быть частично или даже полностью преобразована в другие виды энергии. Когда вся кинетическая энергия сохраняется в системе координат общего центра тяжести, мы говорим об упругих соударениях. При неупругом соударении вся энергия преобразуется в другую форму.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Исследовать упругие и неупругие соударения двух скользящих тел на воздушной дорожке.
- Показать сохранение импульса при упругих и неупругих соударениях и наблюдать отдельные импульсы упругих соударений.
- Исследовать распределение энергии при упругих и неупругих соударениях.



При использовании собственно дорожки в качестве системы координат сохранение импульса описывается следующим уравнением:

(3)
$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2 = p = \text{const.}$$

 p_1, p_2 : Отдельные импульсы перед соударением
 p'_1, p'_2 : Отдельные импульсы после соударения:

В результате сохранения импульса скорость центра тяжести

(4)
$$v_c = \frac{p}{m_1 + m_2}$$

и его кинетическая энергия

(5)
$$E_c = \frac{m_1 + m_2}{2} \cdot v_c^2$$

также сохраняются. Это справедливо как для упругих, так и для неупругих соударений. В этом опыте второе скользящее тело перед соударением находится в состоянии покоя. Следовательно, сохранение импульса (уравнение 3) определяется выражением

(6)
$$p = m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

Здесь скорости v'_1 и v'_2 имеют разные значения после упругого соударения и одинаковые после неупругого соударения. При упругом соударении плоский буфер на первом скользящем теле ударяется об натянутую на второе скользящее тело резинку. В случае неупругого соударения длинный заостренный шип вдавливается в пластилин. Массы скользящих тел можно изменять добавлением грузов.

В случае упругого соударения справедливы следующие соотношения:

(7)
$$p'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot p, \quad p'_2 = \frac{2 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot p$$

и

(8)
$$E = \frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 = \frac{m_1}{2} \cdot v_1'^2 + \frac{m_2}{2} \cdot v_2'^2$$

В случае неупругого соударения сохраняется только кинетическая энергия центра тяжести. Ее можно рассчитать с помощью уравнений (4), (5) и (6)

(9)
$$E_c = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot E$$

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Интервалы времени Δt , регистрируемые цифровым счетчиком, следует сравнить с экспериментальными процедурами. Для определения скорости скользящих тел применимо следующее выражение

$$v = \frac{25 \text{ мм}}{\Delta t}$$

В случае отсутствия весов массу скользящего тела можно принять равной 204 г. Общая масса всех грузов равна 200 г. Для точной оценки распределения скоростей и импульса следует также принимать во внимание потери на трение. Полученные значения импульса достигают прилб. 5%, а значения энергии – 10%, рис. с 1 по 5.

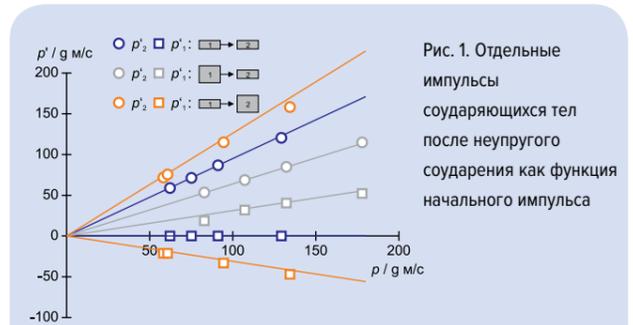


Рис. 1. Отдельные импульсы соударяющихся тел после неупругого соударения как функция начального импульса

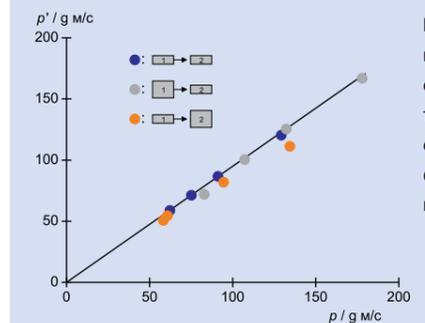


Рис. 2. Полный импульс соударяющихся тел после упругого соударения как функция начального импульса

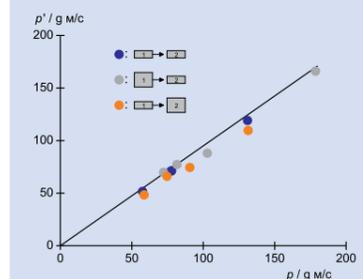


Рис. 3. Полный импульс соударяющихся тел после неупругого соударения как функция начального импульса

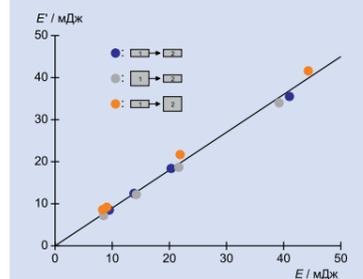


Рис. 4. Полная энергия соударяющихся тел после упругого соударения как функция начальной энергии

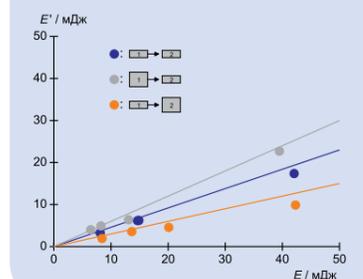


Рис. 5. Полная энергия соударяющихся тел после неупругого соударения как функция начальной энергии