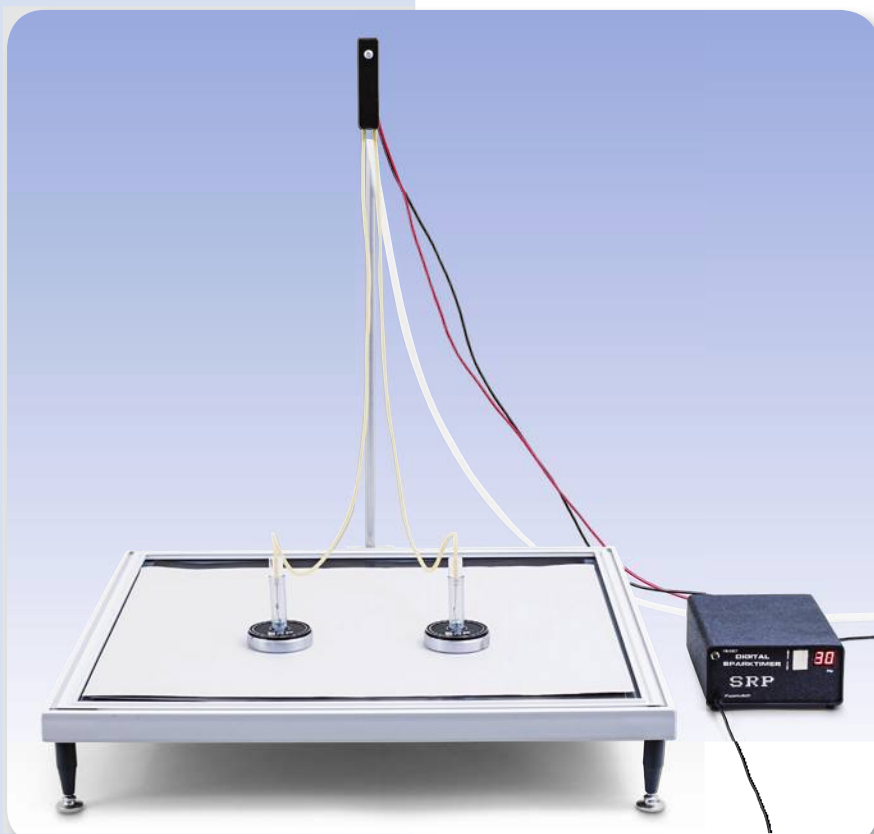


ЦЕЛЬ ОПЫТА

Исследование упругих и неупругих столкновений двух тел на плоскости.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

При любом столкновении двух тел сталкивающиеся тела должны подчиняться законам сохранения энергии и импульса. С помощью этих двух сохраняемых величин можно описать поведение тел после столкновения. В случае столкновения на плоскости скорость и импульс необходимо выразить в виде векторов. Простейшее описание можно получить, перейдя к системе, в которой рассматривается общий центр тяжести двух сталкивающихся тел. В этом опыте два диска известной массы сталкиваются на столе с воздушной подушкой, а их скорости фиксируются с помощью искрового генератора.



ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Определение скоростей до и после столкновения.
- Проверка закона сохранения импульса при упругих и неупругих столкновениях.
- Проверка закона сохранения энергии при упругих и неупругих столкновениях.
- Изучение движения центров тяжести в системе.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Стол с воздушной подушкой (230 В, 50/60 Гц)	U405001-230 или
	Стол с воздушной подушкой (115 В, 50/60 Гц)	U405001-115
1	Пара магнитных шайб	U40515
Дополнительно рекомендуется иметь		
1	Механические весы, 0-610 г	U42000
1	Линейка длиной 50 см	
1	Угломер	

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ

Столкновением называется кратковременное взаимодействие двух тел. Предполагается, что это взаимодействие происходит на протяжении определенного, короткого отрезка времени и тела не воздействуют друг на друга никаким иным образом. При отсутствии других сил оба тела будут двигаться с постоянными скоростями как до, так и после столкновения. Поскольку эти два тела можно рассматривать как замкнутую систему, их взаимодействие должно подчиняться закону сохранения импульса и закону сохранения энергии.

Скорости 1-ого и 2-ого тела до столкновения выражаются векторами v_1 и v_2 . После столкновения эти же скорости выражаются векторами v'_1 и v'_2 . Соответствующие импульсы обозначаются p_i и p'_i ($i = 1, 2$). Массы обоих тел остаются постоянными в течение времени и обозначаются m_1 и m_2 .

Благодаря сохранению импульса должно быть верно следующее выражение:

$$(1) \quad m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v'_1 + m_2 \cdot v'_2$$

Кроме того, если столкновения упругие, общая кинетическая энергия в системе также сохраняется:

$$(2) \quad \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v'^2_1 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v'^2_2$$

Если 2-ое тело перед столкновением находится в состоянии покоя, можно выбрать систему координат, в которой движение 1-ого тела происходит вдоль оси x ($v_{1y} = 0$). На общность описания это никак не влияет. Сначала рассмотрим столкновение по линии, проходящей через центры тяжести обоих тел, где $d = 0$, см. Рис. 1. В этом случае тела будут двигаться вдоль оси x , а скорости после столкновения определяются выражениями:

$$(3) \quad v'_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1$$

и

$$(4) \quad v'_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1$$

При одинаковых массах тел, $m_1 = m_2$, справедливы следующие условия:

$$(5) \quad v'_1 = 0$$

и

$$(6) \quad v'_2 = v_1$$

Если столкновение происходит при некотором смещении центров тяжести относительно линии движения, но массы тел одинаковы, тела разлетятся под углом 90° друг к другу, т.е.

$$(7) \quad \theta_1 + \theta_2 = 90^\circ$$

Кроме того, если $v_{1y} = 0$, а $m_1 = m_2$, из уравнения (1) получаем:

$$(8) \quad v'_{1y} = -v'_{2y}$$

Радиус-вектор центра тяжести будет иметь следующее выражение:

$$(9) \quad r_s = \frac{m_1 \cdot r_1 + m_2 \cdot r_2}{m_1 + m_2}$$

Поскольку общий импульс сохраняется, скорость центра тяжести остается постоянной и определяется следующим выражением:

$$(10) \quad v_s = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

Общий импульс соответствует импульсу общей массы $m_s = m_1 + m_2$, которая движется с той же скоростью, что и центр тяжести. Часто имеет смысл преобразовать систему координат в систему, центр которой совпадает с общим центром тяжести двух тел. Тогда перед столкновением оба тела будут двигаться по направлению друг к другу таким образом, что общий импульс будет равен нулю. После упругого столкновения тела разлетаются таким образом, что общий импульс продолжает оставаться нулевым. После абсолютно неупругого столкновения тела соединяются и вращаются вокруг общего центра тяжести. В этом случае кинетическая энергия системы также сохраняется. В этом опыте два диска известной массы сталкиваются на столе с воздушной подушкой. Их движение регистрируется с помощью искрового генератора.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Расчет кинетической энергии свидетельствует о потере некоторой части энергии. Это происходит под влиянием звука, создаваемого при столкновении, некоторой деформации сталкивающихся тел, собственного вращения дисков, которое не учитывалось при расчете, а также движения шлангов, подающих воздух в воздушную подушку. Значения скоростей можно рассчитать с помощью следующего выражения:

$$v = \Delta \cdot f.$$

Δ расстояние между двумя точками,
 f : частота искрового генератора

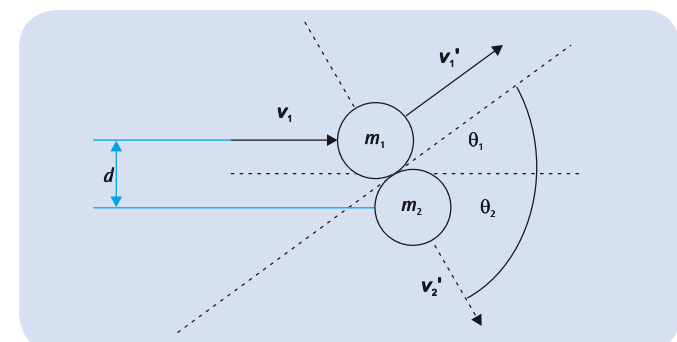


Рис. 1 Схема столкновения двух тел при смещении центров относительно линии движения

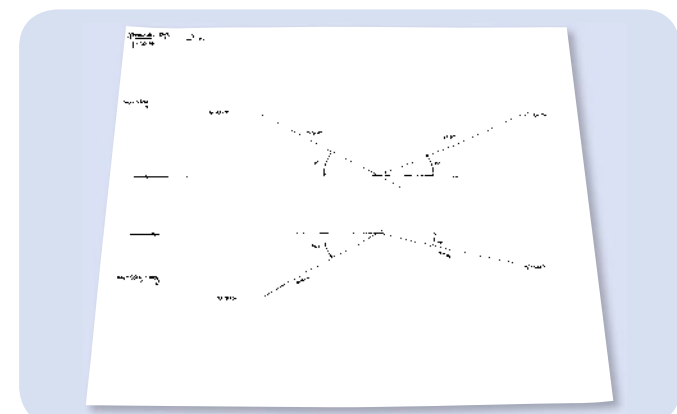


Рис. 2 Запись и анализ столкновения при смещении центров двух тел, имеющих разные массы и начальные скорости $v_1 \neq 0$ и $v_2 \neq 0$

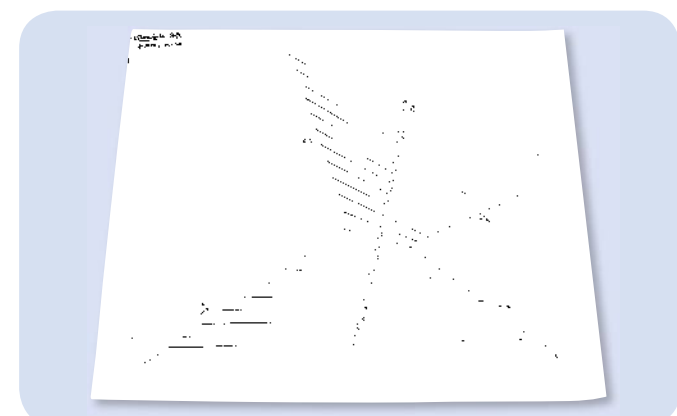


Рис. 3 Положение центра тяжести S

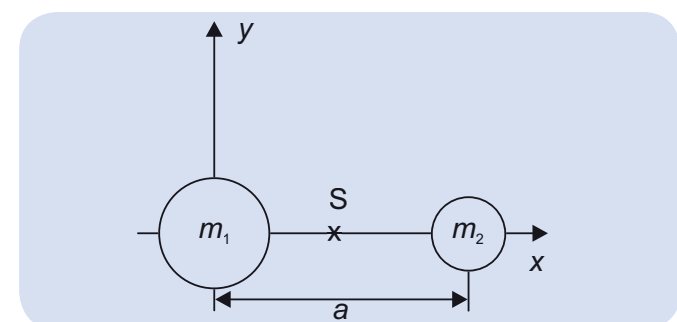


Рис. 4 Движение центра тяжести S до и после столкновения