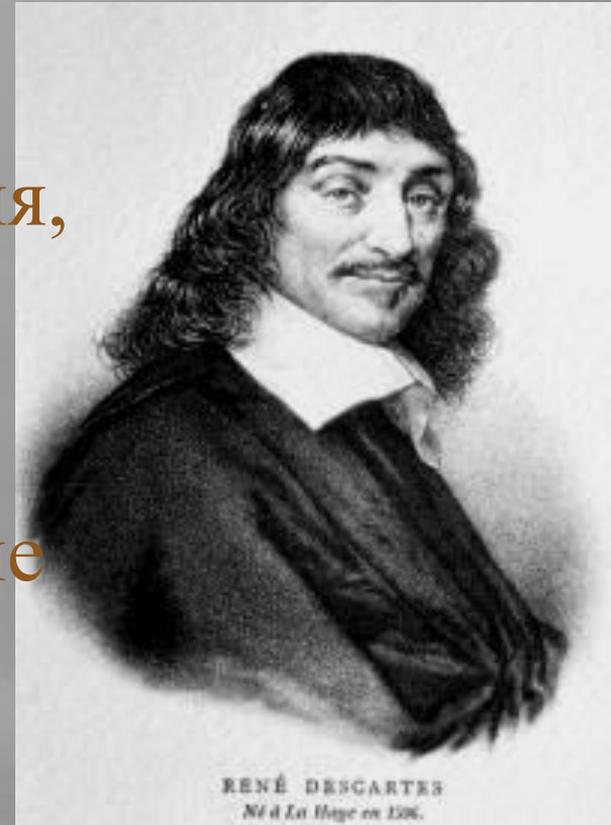


Импульс. Закон сохранения импульса.



О НЕИЗМЕННОСТИ В МИРЕ ...

«Я принимаю, что во Вселенной ...
есть известное количество движения,
которое никогда не увеличивается,
не уменьшается, таким образом,
если одно тело приводит в движение
другое, то теряет столько своего
движения, сколько его сообщает».

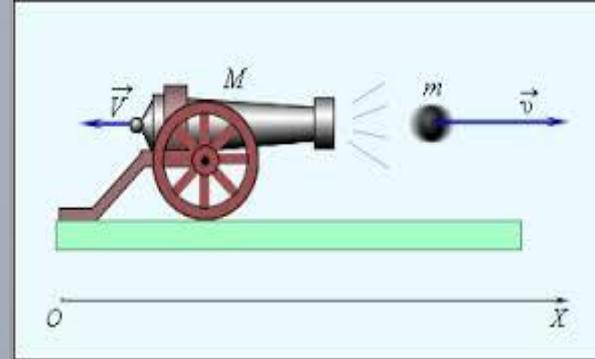
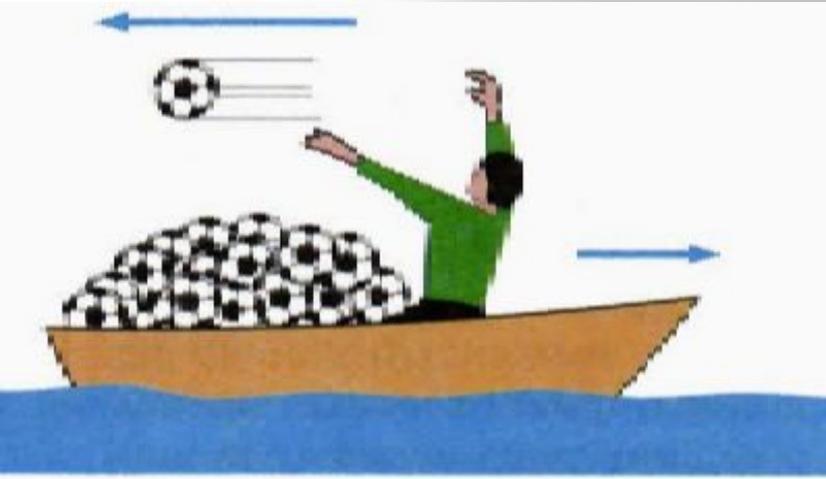


В XVII веке впервые были указаны *величины,*
сохраняющиеся в тех или иных явлениях.

Импульс. Закон сохранения импульса.

- Импульс тела. Импульс силы.*
- Закон сохранения импульса.*
- Применение закона сохранения импульса – реактивное движение.*

Объясните явления...



▣ Второй закон Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = (\vec{v} - \vec{v}_0) / t$$

$$\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$$

▣ $\vec{p} = m\vec{v}$ - импульс тела

$$\vec{p} = \text{кг м/с} \quad \text{СИ}$$

▣ $\vec{F}t$ - импульс силы.

▣ $m\vec{v} - m\vec{v}_0$ - изменение импульса
тела

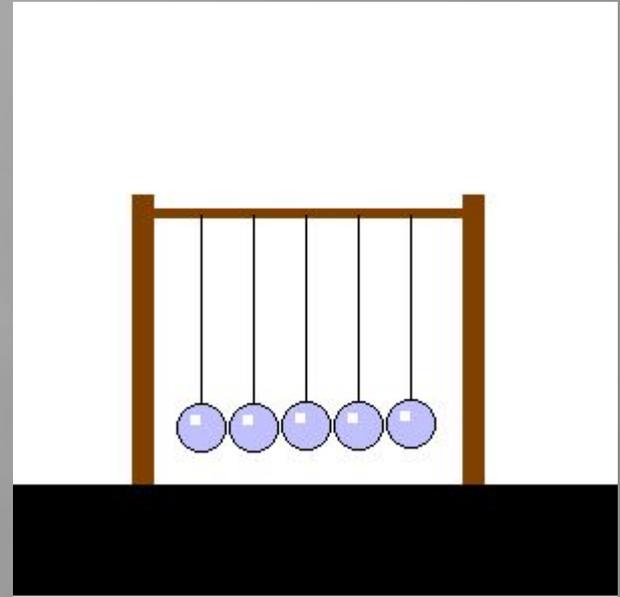
*Второй закон Ньютона в
импульсной форме:*

*Импульс силы равен
изменению импульса
тела.*



- Если два или несколько тел взаимодействуют только между собой (не подвергаются воздействию внешних сил), то эти тела образуют замкнутую систему.
- Импульс каждого из тел, входящих в замкнутую систему может меняться в результате их взаимодействия друг с другом.
- Для описания существует очень важный закон – закон сохранения импульса.

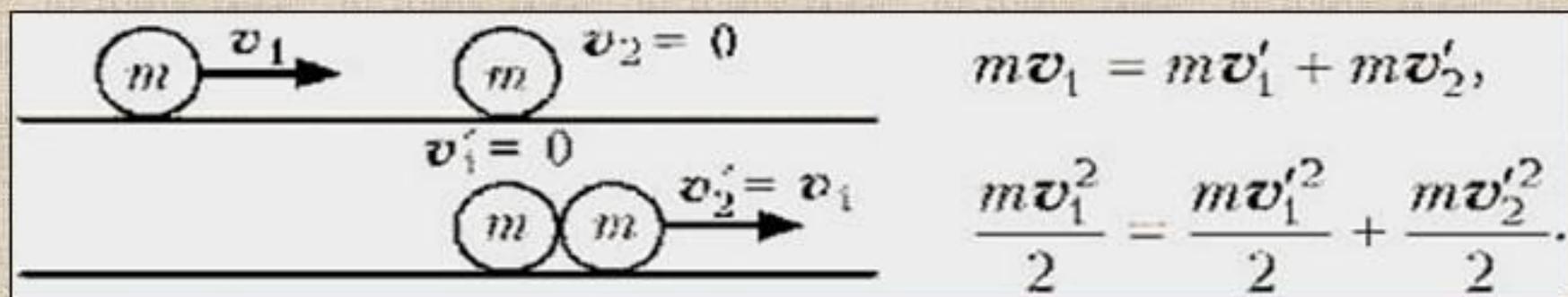
*Закон сохранения импульса:
Векторная сумма импульсов замкнутой системы тел не изменяется.*



Упругий удар

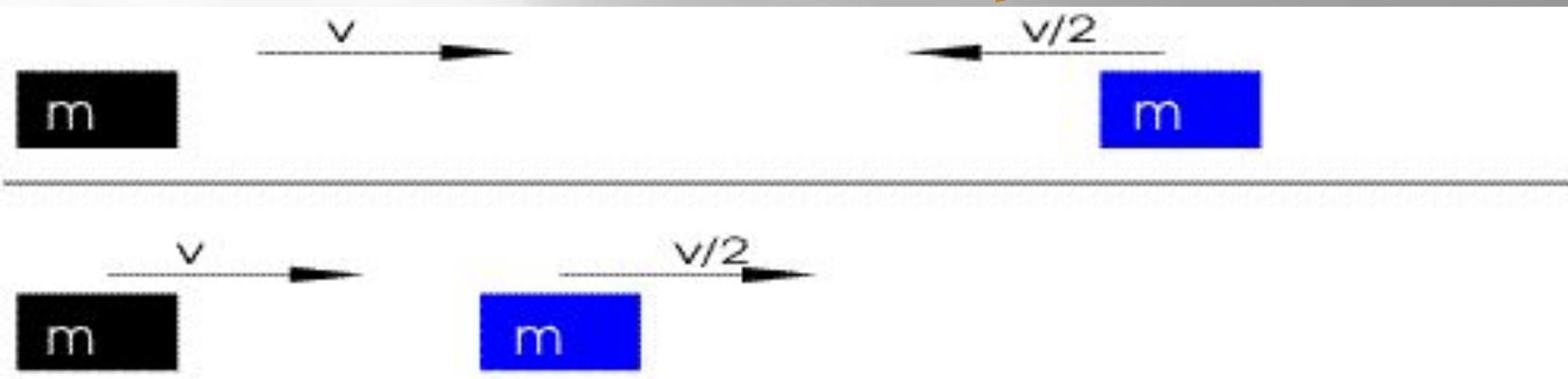
Абсолютно упругий удар – столкновения тел, в результате которого их внутренние энергии остаются неизменными. При абсолютно упругом ударе сохраняется не только импульс, но и механическая энергия системы тел.

Примеры: столкновение бильярдных шаров, атомных ядер и элементарных частиц. **На рисунке показан абсолютно упругий центральный удар:**

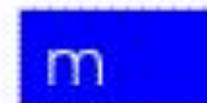
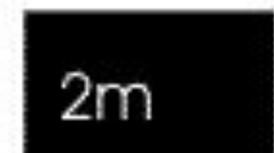


В результате центрального упругого удара двух шаров одинаковой массы, они обмениваются скоростями: первый шар останавливается, второй приходит в движение со скоростью, равной скорости первого шара.

Абсолютно упругий удар – модель соударения при которой полная кинетическая энергия системы сохраняется



1. одинаковые тела обмениваются проекциями скорости на линию, соединяющую их центры.



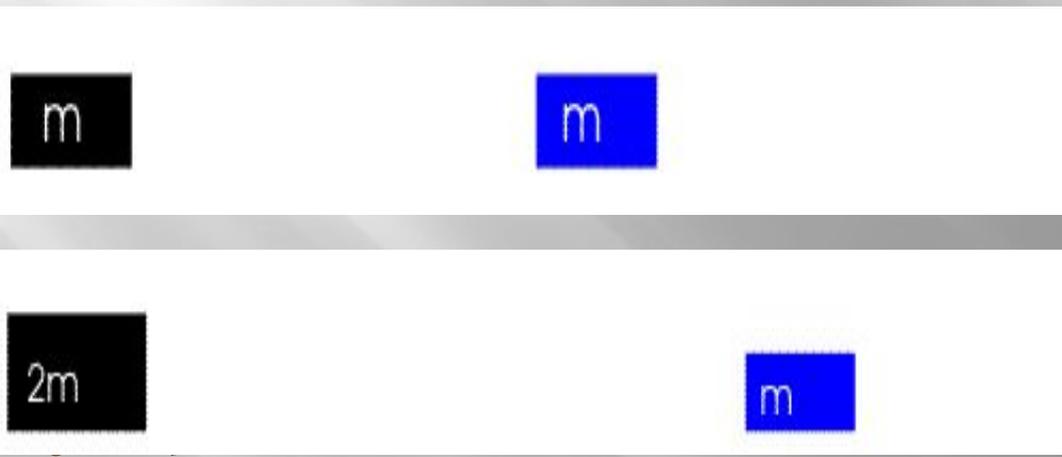
Для математического описания простейших абсолютно упругих ударов, используется:

закон сохранения импульса

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$$

закон сохранения энергии

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

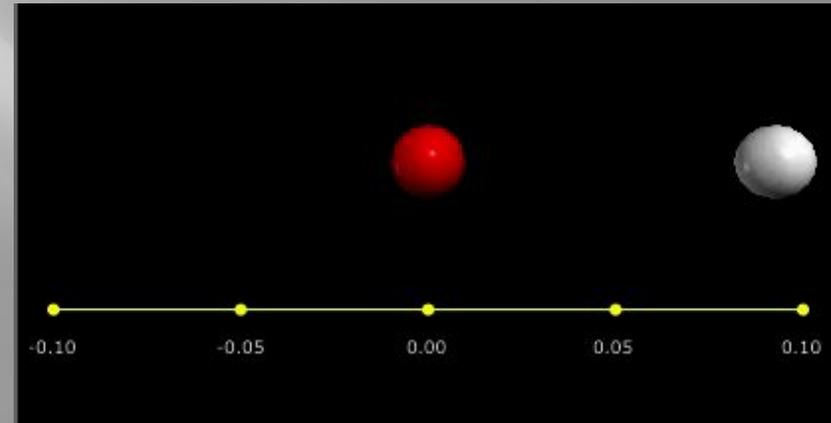
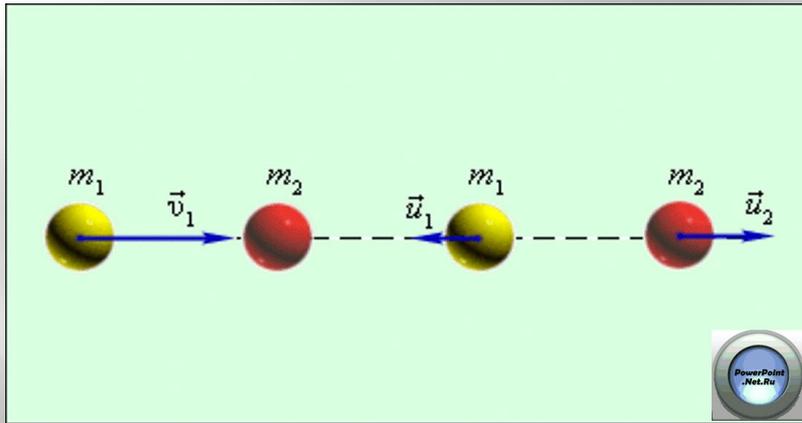


абсолютно упругий удар тел равных масс
абсолютно упругий удар тел не равных масс

Импульсы складываются векторно, а энергии

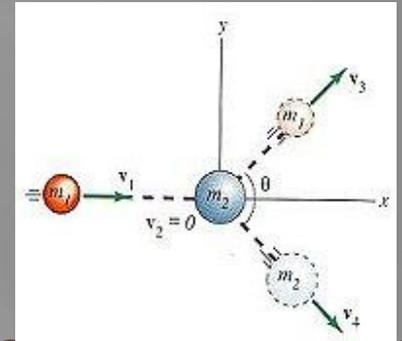
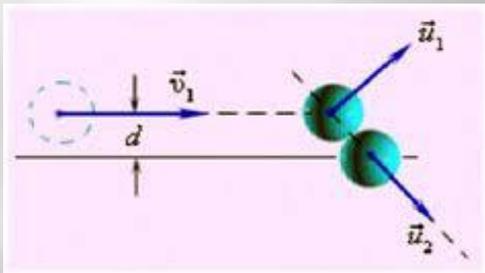
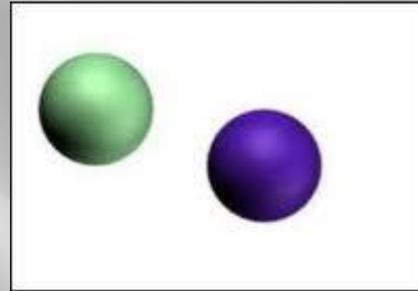
Центральный абсолютно упругий удар

Когда оба шара имеют одинаковые массы ($m_1 = m_2$), первый шар после соударения останавливается ($v_1 = 0$), а второй движется со скоростью $v_2 = v_1$, т. е. шары обмениваются скоростями (импульсами)



Центральным ударом шаров называют соударение, при котором скорости шаров до и после удара направлены по линии центров.

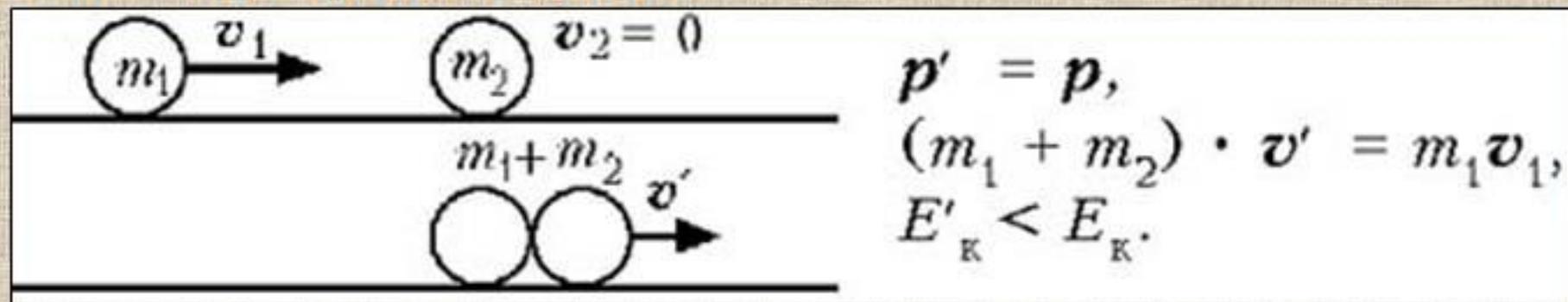
После нецентрального упругого соударения шары разлетаются под некоторым углом друг к другу



- Если **массы шаров одинаковы**, то векторы скоростей шаров после нецентрального упругого соударения всегда направлены **перпендикулярно** друг к другу

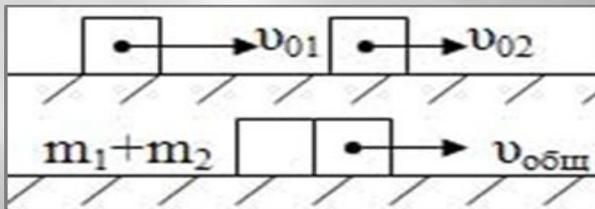
Неупругий удар

Абсолютно неупругий удар: так называется столкновение двух тел, в результате которого они соединяются вместе и движутся дальше как одно целое. При неупругом ударе часть механической энергии взаимодействующих тел переходит во внутреннюю, импульс системы тел сохраняется. **Примеры неупругого взаимодействия:** столкновение слипающихся пластилиновых шаров, автосцепка вагонов и т.д. **На рисунке показан абсолютно неупругий удар:**



После неупругого соударения два шара движутся как одно целое со скоростью, меньшей скорости первого шара до соударения.

Абсолютно неупругий удар – удар, в результате которого компоненты скоростей тел становятся равными



$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$$

При абсолютно неупругом ударе, выполняется закон сохранения импульса, но не выполняется закон сохранения механической энергии (часть кинетической энергии соударяемых тел, в результате неупругих деформаций переходит в тепло)

Реактивное движение

Реактивное движение



которое

отделения

это движение,

возникает при

от тела некоторой его
части с определенной
скоростью.

Особенностью этого движения

является то, что тело может

Реактивное движение, например, выполняет ракета.



Продукты сгорания при вылете получают относительно ракеты некоторую скорость. Согласно закону сохранения импульса, сама ракета получает такой же импульс, как и газ, но направленный в другую сторону. Закон сохранения импульса нужен для расчета скорости ракеты.

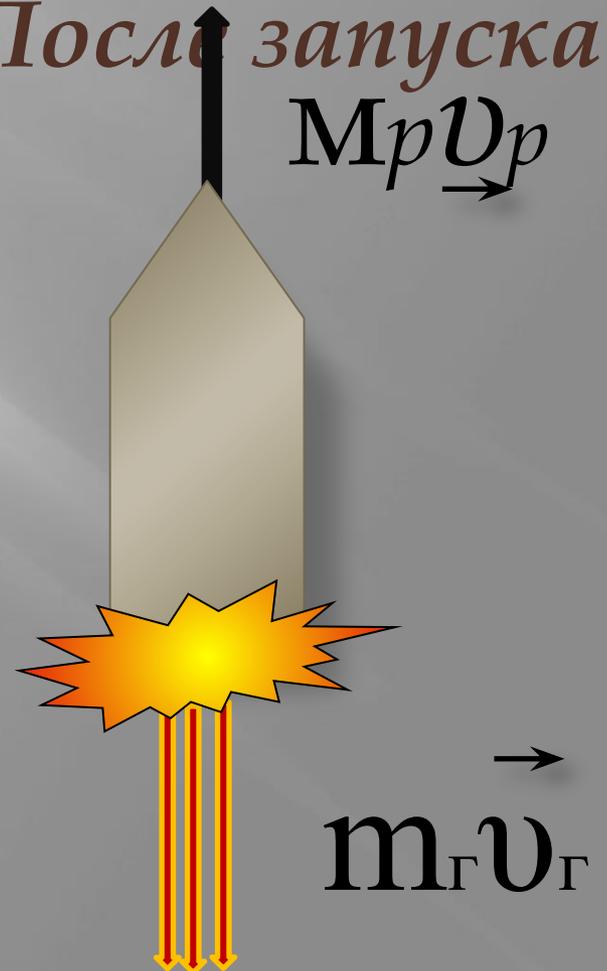
ЗАДАЧА:

ракеты
С какой
скоростью
будет двигаться
ракета, если
средняя
скорость
выхлопных газов
1 км/с, а масса
горючего
составляет 80%
от всей массы
ракеты?

До запуска

$$M_p v_p = 0, \quad m_g v_g = 0$$

После запуска



Реактивное движение в живой природе:

Реактивное движение присуще медузам, кальмарам, осьминогам и другим живым организмам.



Реактивное движение можно обнаружить и в мире растений. В южных странах и на нашем побережье Черного моря произрастает растение под названием «бешеный огурец». При созревании семян внутри плода создается высокое давление в результате чего плод отделяется от подложки, а семена с большой силой выбрасываются наружу. Сами огурцы при этом отлетают в противоположном направлении. Стреляет «бешеный огурец» более чем на 12 метров.

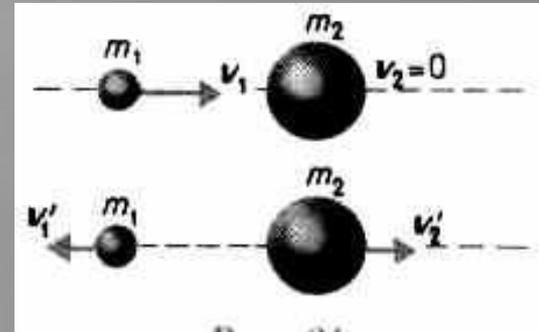


*В технике реактивно
движение встречается
на речном
транспорте
(катер с
водометным
двигателем),
в авиации,
космонавтике
военном деле.*



Легкий шар движущийся со скоростью 10 м/с, налетает на покоящийся тяжелый шар и между шарами происходит абсолютно упругий удар. После удара шары разлетаются в противоположные стороны с одинаковыми скоростями. Во сколько раз различаются массы шаров

Решение:



$$\begin{cases} v_1' = v_2 \\ m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1 \Rightarrow m_1 (v_1 + v_1') = m_2 v_2 \Rightarrow v_1 - v_1' = v_2 \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \Rightarrow m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 v_2^2 \\ m_1 (v_1 + v_1') = m_2 v_2 \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{(v_1 + v_1')}{v_2} = 3 \\ v_1' = v_2 = \frac{v_1}{2} \end{cases}$$

Брусок массой 600 г, движущийся со скоростью 2 м/с,

сталкивается с неподвижным бруском массой 200 г.

Определите изменение кинетической энергии первого

Решение:
бруска после столкновения. Удар считать центральным и абсолютно упругим.

$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \Rightarrow m_1 (v_1 - v_1') = m_2 v_2' \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} \Rightarrow m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 v_2'^2 \Rightarrow v_1 + v_1' = v_2' \end{cases}$$

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1}{(m_1 + m_2)} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} \Rightarrow \Delta E_{k1} = \frac{m_1}{2} (v_1'^2 - v_1^2) = -0,9 \text{ Дж}$$

Два шарика массы которых соответственно 200 г и 600 г, висят, соприкасаясь, на одинаковых вертикальных

нитях длиной 80 см. Первый шар отклонили на угол 90°

и отпустили. Каким будет отношение кинетических энергий тяжелого и легкого шариков тотчас после их абсолютно упругого центрального удара.

Решение:

$$\begin{cases} \frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g l \Rightarrow v_1 = \sqrt{2gl} = 4 \frac{M}{c} \\ m v_1 = 3m v_2' - m v_1' \Rightarrow m(v_1 + v_1') = 3m v_2' \Rightarrow v_2' = v_1 - v_1' \\ \frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_1'^2}{2} + \frac{3m v_2'^2}{2} \Rightarrow m(v_1^2 - v_1'^2) = 3m v_2'^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m(v_1 + v_1') = 3m v_2' \\ v_2' = v_1 - v_1' \end{cases} \Rightarrow v_1 + v_1' = 3(v_1 - v_1') \Rightarrow v_1' = \frac{v_1}{2} = 2 \frac{M}{c} \Rightarrow \frac{E_{к2}}{E_{к1}} = \frac{3m v_2'^2}{m v_1'^2} = \frac{3 \cdot 4}{4} = 3$$

Шарик массой 100 г, летящий горизонтально со скоростью 5 м/с, абсолютно упруго ударяется о неподвижный шар массой 400 г, висящий на нити длиной 40 см. Удар центральный. На какой угол отклонится шар, подвешенный на нити после удара

Решение:

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{l-h}{l} = 1 - \frac{h}{l} \\ h = \frac{v_2'^2}{2g} \end{cases} \Rightarrow \cos \alpha = 1 - \frac{v_2'^2}{2g}$$

$$\begin{cases} m_1 v_1 = m_2 v_2' - m_1 v_1' \Rightarrow m_1 (v_1 + v_1') = m_2 v_2' \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} \Rightarrow m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 v_2'^2 \Rightarrow v_2 = v_1 - v_1' \Rightarrow v_1' = v_1 - v_2' \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_1' = v_1 - v_2' \\ m_1 (v_1 + v_1') = m_2 v_2' \end{cases} \Rightarrow v_2' = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2} = 2 \frac{m}{c} \Rightarrow \cos \alpha = 0,5 \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

