

Автономное профессиональное образовательное учреждение  
Удмуртской Республики «Республиканский медицинский колледж  
имени Героя Советского Союза Ф. А. Пушиной  
Министерства здравоохранения Удмуртской Республики

# Закон сохранения импульса

РАКЕТА

РЕАКТИВНЫЙ САМОЛЕТ

КАТЕР С ВОДОМЕТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

ПРИНЦИП РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

воздух 600 м/с

газы 1200 м/с

0,3 0,5 0,45 0,1

0,1 МПа

назад

$\vec{v}$  M  $m$   $\vec{v}$

0 X

The collage illustrates various applications of the law of conservation of momentum. It features a rocket, a jet fighter, a squid, a waterjet boat, a jet engine diagram, and a cannon diagram. The jet engine diagram shows air entering at 600 m/s and being accelerated to 1200 m/s, with a pressure drop from 0.1 MPa to 0.1 MPa. The cannon diagram shows a mass M moving left with velocity  $\vec{v}$  and a mass m moving right with velocity  $\vec{v}$  after firing. The squid diagram shows arrows indicating the direction of water being expelled.

преподаватель:  
Баранова Татьяна Юрьевна

# ЗАДАЧИ

**Образовательные:** формирование понятий “импульс тела”, “импульс силы”; умения применять их к анализу явления взаимодействия тел в простейших случаях; добиться усвоения учащимися формулировки и вывода закона сохранения импульса;

**Развивающие:** формировать умения анализировать, устанавливать связи между элементами содержания ранее изученного материала по основам механики, навыки поисковой познавательной деятельности, способность к самоанализу;

**Воспитательные:** развитие эстетического вкуса учащихся, вызвать желание постоянно пополнять свои знания; поддерживать интерес к предмету.

# О НЕИЗМЕННОСТИ В МИРЕ ...

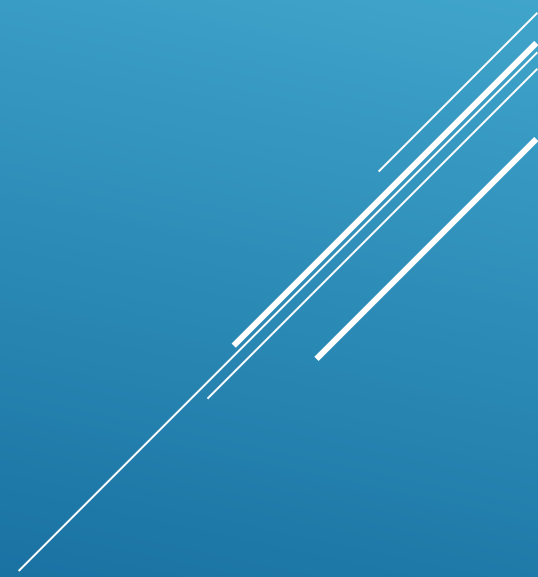
«Я принимаю, что во Вселенной ...  
есть известное количество движения,  
которое никогда не увеличивается,  
не уменьшается, таким образом,  
если одно тело приводит в движение  
другое, то теряет столько своего  
движения, сколько его сообщает».



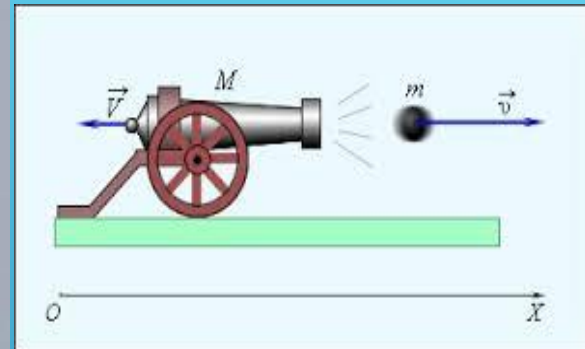
В XVII веке впервые были указаны величины,  
сохраняющиеся в тех или иных явлениях.

# ИМПУЛЬС. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА.

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



# ОБЪЯСНИТЕ ЯВЛЕНИЯ...



•  $\vec{F} = m\vec{a}$  – второй закон Ньютона

•  $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$

•  $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$

•  $\vec{p} = m\vec{v}$  – импульс тела

•  $\vec{p} = \text{кг м/с}$  СИ

•  $\vec{F}t$  – импульс силы.

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

## ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА В ИМПУЛЬСНОЙ ФОРМЕ:

- $F = ma$        $a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow F = \frac{mv - mv_0}{t}$

$$Ft = mv - mv_0$$

$p = mv$  – импульс тела после взаимодействия

$p_0 = mv_0$  – импульс тела до взаимодействия

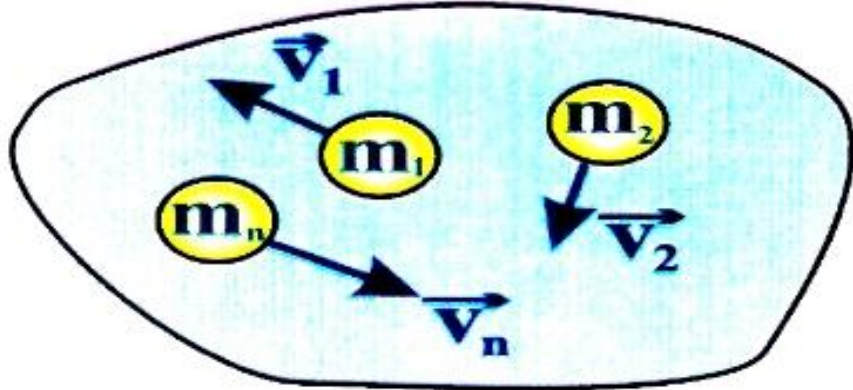
$$Ft = p - p_0$$

Импульс - векторная величина. Он всегда совпадает по направлению с вектором скорости

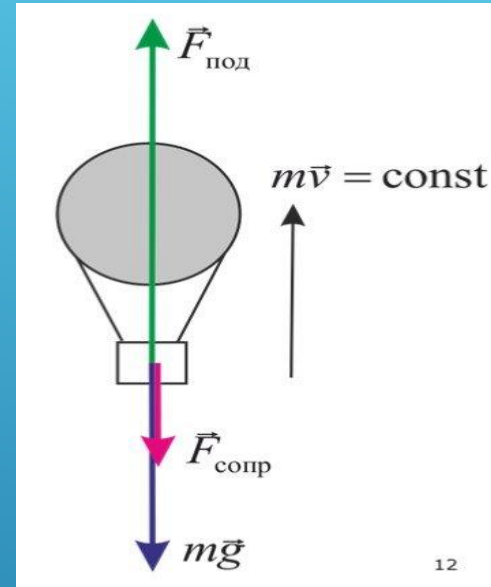


Система тел называется замкнутой, если взаимодействующие между собой тела, не взаимодействуют с другими телами.

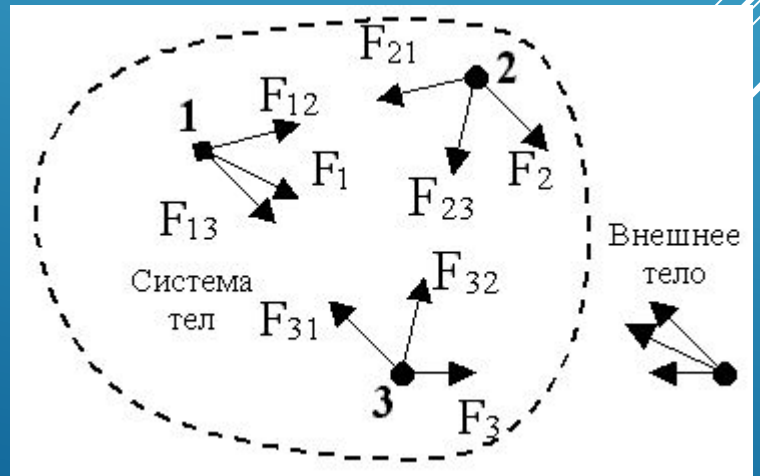
Замкнутая система тел - это физическая модель.



Система тел называется незамкнутой, если тела системы взаимодействуют с внешними телами



12





## Выведем закон сохранения импульса

При столкновении шаров между ними действуют силы упругости  $F_{12}$  и  $F_{21}$ , которые по III закону Ньютона равны по модулю и противоположны по направлению.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$$

$$m_1 \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{1_0}}{\Delta t} = -m_2 \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{2_0}}{\Delta t}$$

$$m_1 \Delta t \neq 0 \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 - m_1 \vec{v}_{1_0} = -m_2 \vec{v}_2 + m_2 \vec{v}_{2_0}$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_{1_0} + m_2 \vec{v}_{2_0}$$

Суммы импульсов тел замкнутой системы до и после взаимодействия равны.

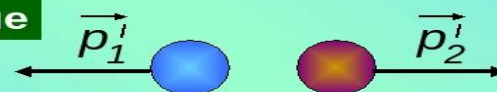
$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2$$



до взаимодействия



взаимодействие

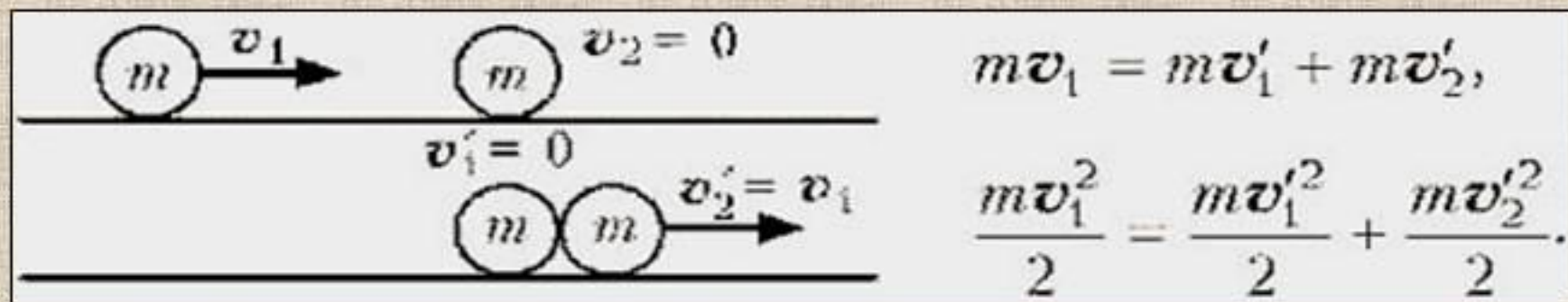


после взаимодействия

# 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.

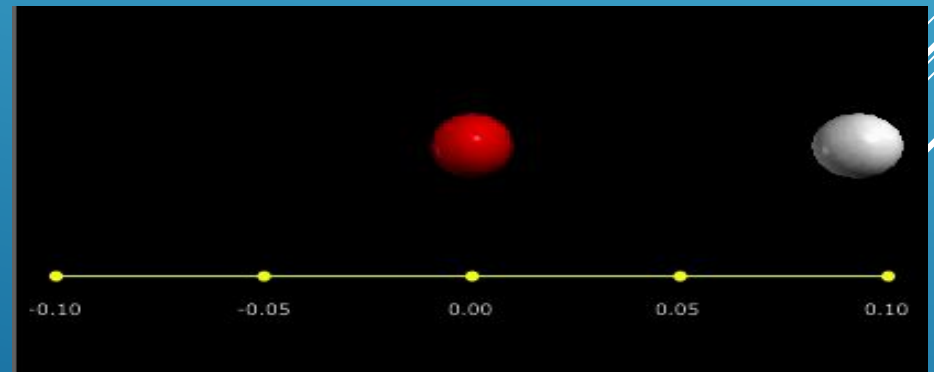
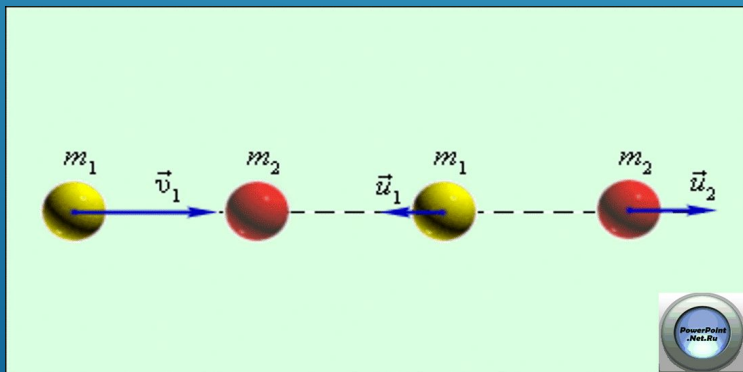
Для математического описания простейших абсолютно упругих ударов, используется: закон сохранения импульса

Импульсы складываются векторно!

Центральный абсолютно упругий удар

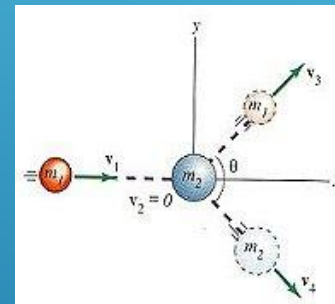
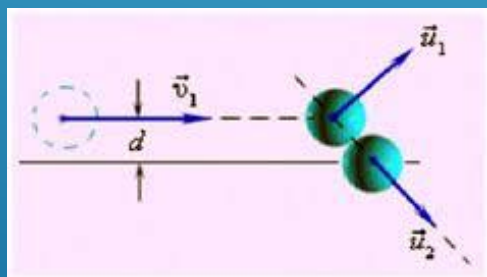
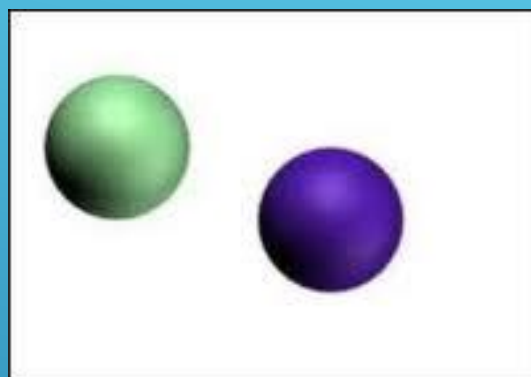
Когда оба шара имеют одинаковые массы ( $m_1 = m_2$ ), первый шар после соударения останавливается ( $v_1 = 0$ ), а второй движется со скоростью  $v_2 = v_1$ , т. е. шары обмениваются скоростями (импульсами)

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



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

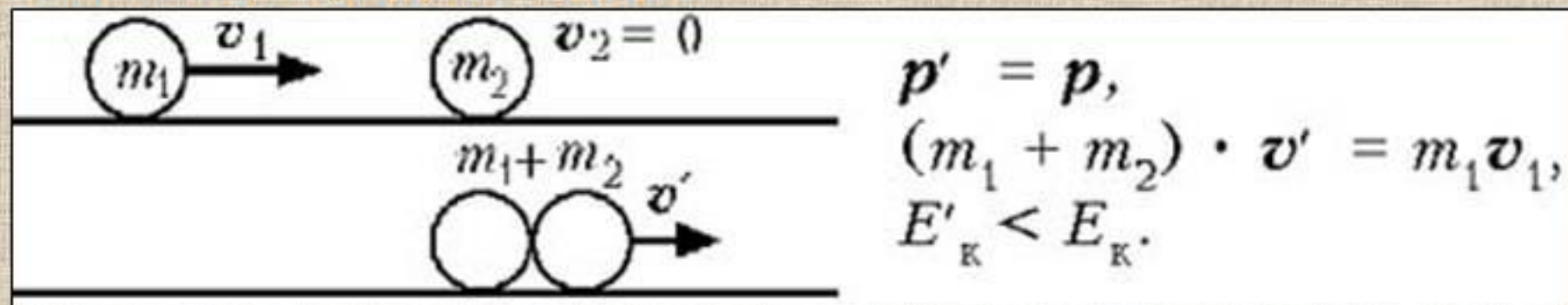
# ПОСЛЕ НЕЦЕНТРАЛЬНОГО УПРУГОГО СОУДАРЕНИЯ ШАРЫ РАЗЛЕТАЮТСЯ ПОД НЕКОТОРЫМ УГЛОМ ДРУГ К ДРУГУ



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

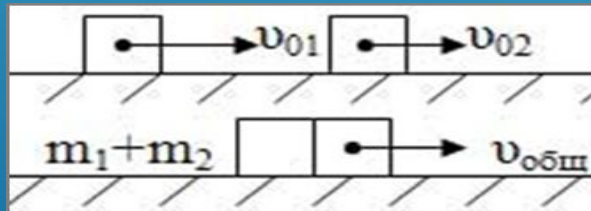
# Неупругий удар

**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



$$m_1 \overset{\Delta}{u}_1 + m_2 \overset{\Delta}{u}_2 = (m_1 + m_2) \overset{\Delta}{u}'$$

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 тепловую)

# РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ



Реактивное движение — это движение, которое возникает при отделении от тела некоторой его части с определенной скоростью.

Особенностью этого движения является то, что тело может ускоряться и тормозить без какой-либо внешней взаимодействия с другими телами.

# Реактивное движение, например, выполняет ракета.

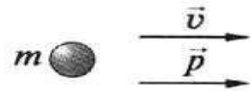
Продукты сгорания при вылете получают относительно ракеты некоторую скорость. Согласно закону сохранения импульса, сама ракета получает такой же импульс, как и газ, но направленный в другую сторону. Закон сохранения импульса нужен для расчета скорости ракеты.



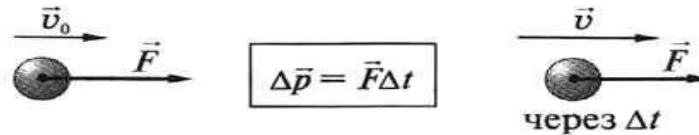


# ВЫВОД

## Импульс тела ( $p$ )


$$\vec{p} = m\vec{v}$$
 СИ:  $[p] = [1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}]$

## Второй закон Ньютона (в импульсной форме)


$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$$

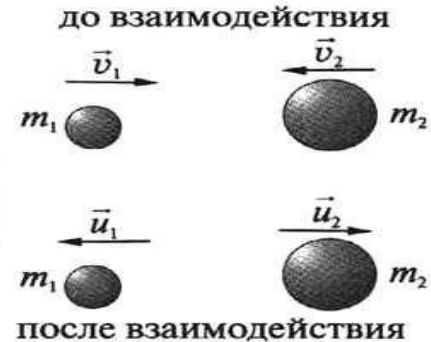
$\Delta\vec{p}$  — изменение импульса тела  
 $\vec{F}\Delta t$  — импульс силы

## Закон сохранения импульса

$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = \text{const}$$

Если сумма внешних сил равна нулю,  
то импульс системы тел сохраняется.

$$m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2$$



## Реактивное движение

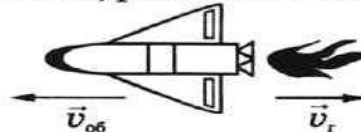
$$m_p = m_{oc} + m_r$$

в момент старта:  $p = 0$

$$0 = m_{oc}\vec{v}_{oc} + m_r\vec{v}_r$$

$$v_{oc} = -\frac{m_r}{m_{oc}}v_r$$

ракеты, реактивные самолеты



К. Э. Циолковский  
С. П. Королев (ИСЗ — 1957 г.)  
Ю. Гагарин (12 апреля 1961 г.)

# 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.



# ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

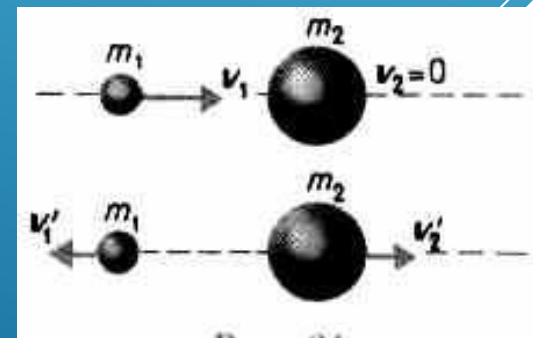
Легкий шар движущийся со скоростью 10 м/с, налетает на покоящийся тяжелый шар и между шарами происходит абсолютно упругий удар. После удара шары разлетаются в противоположные стороны с одинаковыми скоростями. Во сколько раз различаются массы шаров

Решение:

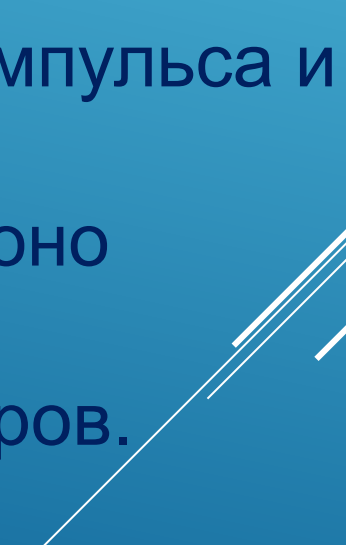
$$\begin{cases} v_1' = v_2 \\ m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_1 v_1 \Rightarrow m_1 (v_1 + v_1') = m_2 v_2 \Rightarrow v_1 - v_1' = v_2 \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \Rightarrow m_1 (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 v_2^2 \end{cases}$$

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

$$\begin{cases} v_1' = v_2 = \frac{v_1}{2} \end{cases}$$



# ПЕРВИЧНОЕ ПОНИМАНИЕ

1. Дать определение импульса силы и импульса тела
  2. Записать формулы этих понятий и указать единицы измерения
  3. Что такое изолированная система и чем она отличается от не изолированной?
  4. Сформулируйте закон сохранения импульса и условия его применения
  5. Что такое реактивное движение, где оно применяется и проявляется
  6. Назовите имена ученых и конструкторов, создателей реактивной техники
- 

# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Познакомиться с презентацией и ответить на вопросы «Первичное понимание»
2. Решить задачи
  - 1) Определите массу автомобиля, имеющего импульс  $2,5 \cdot 10^4$  кг·м/с и движущегося со скоростью 90 км/ч.
  - 2.) Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки ?
  - 3) С тележки массой 10 кг, которая движется по горизонтальной прямой со скоростью 1 м/с, спрыгивает мальчик массой 40 кг со скоростью 3 м/с в направлении противоположном направлению движения тележки. Определить скорость тележки сразу после прыжка мальчика

Переслать старосте до 18 ч в день лекции

Образец отчета

Ф, И. студента. Группа Дата

Тема лекции. « Законы сохранения импульса»

выполненное задание

1.

2.

[t.baranova18@yandex.ru](mailto:t.baranova18@yandex.ru) –это для старосты

# Источники литературы

1. Дмитриева В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля : учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования / В. Ф. Дмитриева. — 6-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. - 448 с.
2. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля (3-е изд.) (в электронном формате): Академия 2017
3. Рымкевич А. П. Физика 10-11 кл., задачник: Пособие для общеобразовательных учебных заведений/А. П. Рымкевич - М.: Дрофа 2017г.-188 с.
4. Интернет источники