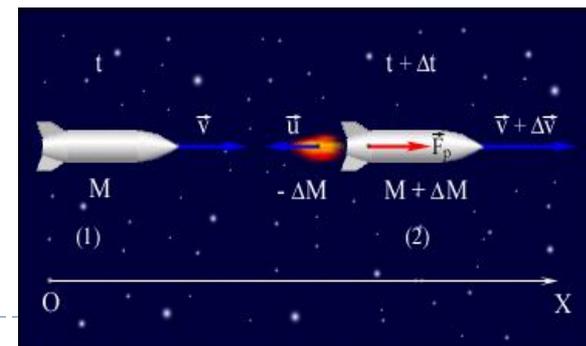
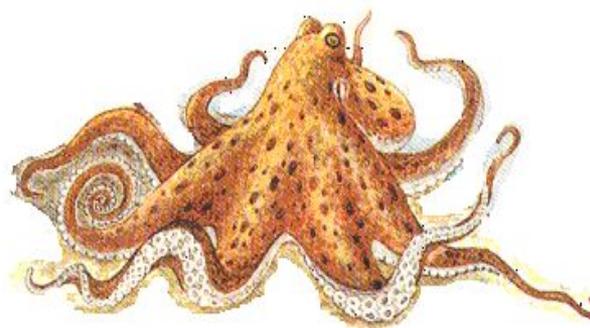
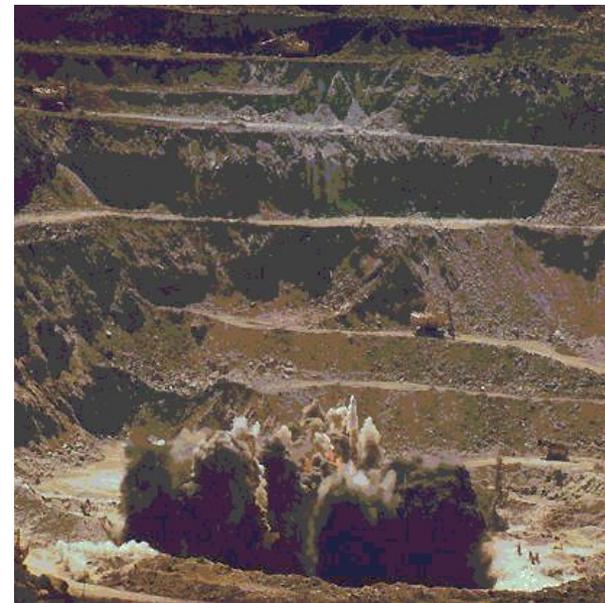
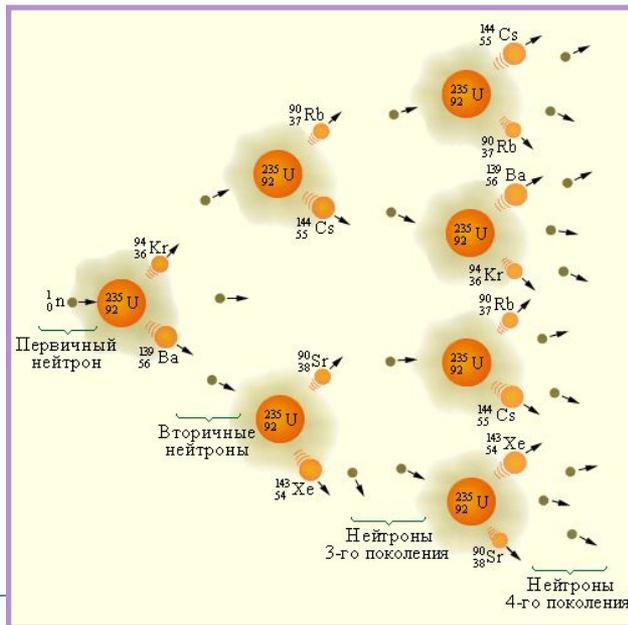


# «Импульс тела. Импульс силы»



# Значение импульса



Взрывы

Все столкновения  
атомных ядер,  
ядерные реакции



Реактивное оружие



Удары при авариях

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



## Подумай и ответь

---

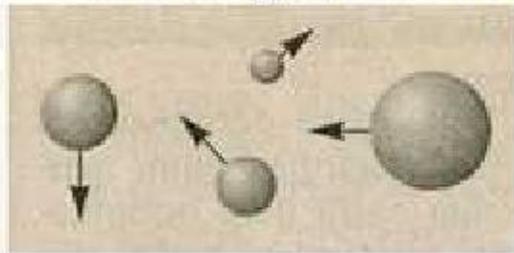
- 1. Опытный баскетболист, принимая сильно посланный мяч, расслабляет руки и слегка подаётся назад вместе с мячом. Зачем?
- 2. Отчего хрупкий предмет разбивается, если его роняют на жёсткий пол, и остаётся целым, если он падает на мягкую подстилку?
- 3. В цирковом аттракционе атлету, лежащему на ковре, устанавливают на грудь наковальню и затем бьют по ней молотком. Опасны ли такие удары для атлета?





Так, например, при прыжках с какой-то высоты остановка тела происходит за счет действия силы со стороны земли или пола. Чем меньше продолжительность столкновения, тем больше тормозящая сила. Для уменьшения этой силы необходимо, чтобы торможение происходило постепенно. Именно по этой причине спортсмены приземляются на мягкие маты. Прогибаясь, они постепенно тормозят спортсмена.

# Импульс тела. Закон сохранения импульса



**Импульс тела** – векторная величина, равная произведению массы на скорость.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

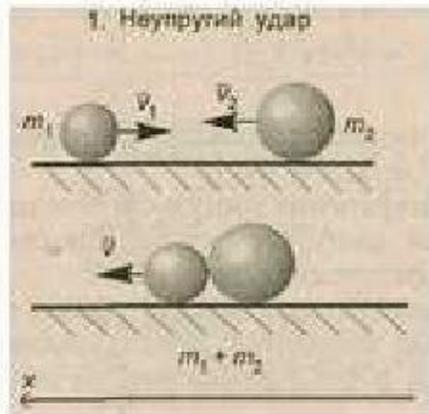
$$[p] = [кг \cdot м / с]$$

В замкнутой системе векторная сумма импульсов тел не изменяется, сохраняется.

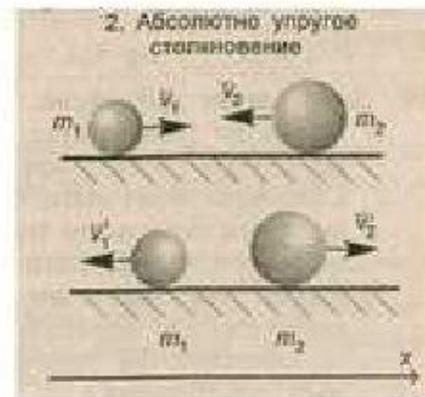
$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 = const$$



**Замкнутая система** – система, на которую не действуют внешние силы



← Примеры →



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

$$x: m_2v_2 - m_1v_1 = (m_1 + m_2)v$$

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

$$x: m_1v_1 - m_2v_2 = m_2v_2' + m_1v_1'$$

# СИЛА И ИМПУЛЬС

□ Запишем второй закон Ньютона

$$\square \vec{F} = m\vec{a} \quad \vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \Rightarrow \vec{F} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{t}$$

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

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

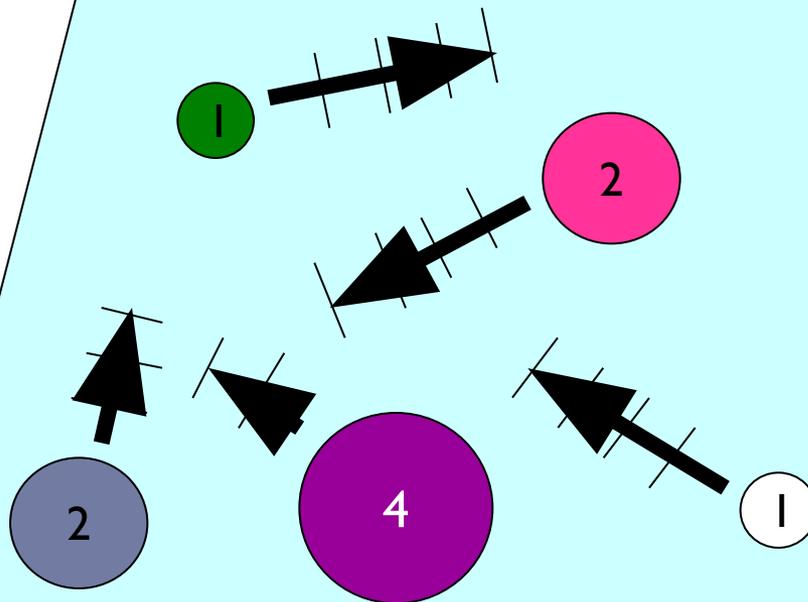
$\vec{p}_0 = m\vec{v}_0$  – импульс тела до взаимодействия

$$\vec{F}t = \vec{p} - \vec{p}_0$$

У какого тела импульс больше:  
у спокойно идущего слона или летящей пули?  
( $M > m$ , но  $V_1 < V_2$ )

Каким максимальным  
импульсом  
обладали лично Вы  
(относительно Земли)?

Есть ли  
на рисунке  
тела, обладающие  
одинаковым импульсом?  
У какого тела наибольший  
по модулю импульс?



Качественные задачи	Ответы
1. Тело массой $m$ брошено с начальной скоростью $U_0$ под углом $\alpha$ к горизонту. Чему равно приращение модуля импульса тела и модуля приращения импульса за время полёта? Сопротивление воздуха не учитывать.	
2. По изогнутой под прямым углом трубе течёт вода. Действует ли вода на трубу? В каком направлении?	
3. Мяч, летящий со скоростью, ударяется в едущий ему навстречу со скоростью автомобиль. Какой станет скорость мяча после упругого удара?	
4. Можно ли разогнать парусную лодку, направляя на паруса поток воздуха из мощного вентилятора, находящегося в лодке? Что случится, если дуть мимо паруса?	
5. «Горка» $A$ с закреплёнными на ней телами $B$ и $C$ покоится на гладкой горизонтальной поверхности. Сначала с «горки» соскальзывает тело $B$ , после чего соскальзывает тело $C$ . В каком направлении в конце концов поедет «горка»? Массы тел $A$ , $B$ и $C$ одинаковы. Трением при движении всех трёх тел пренебречь.	

6. Два тела одинакового объёма, медное и стальное, движутся с одинаковыми скоростями. Сравнить импульс этих тел.

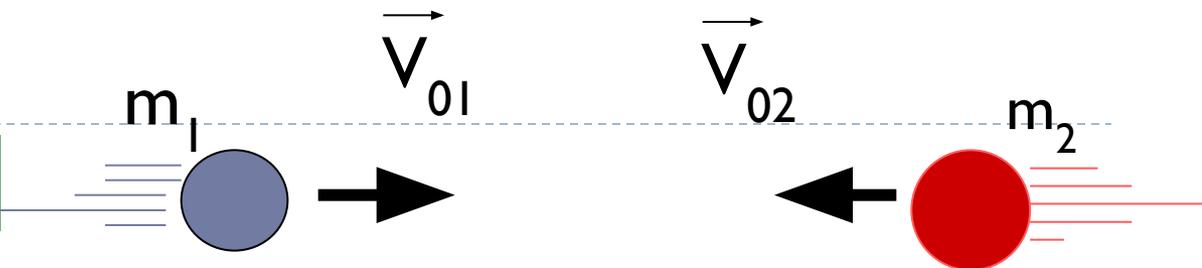


# Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

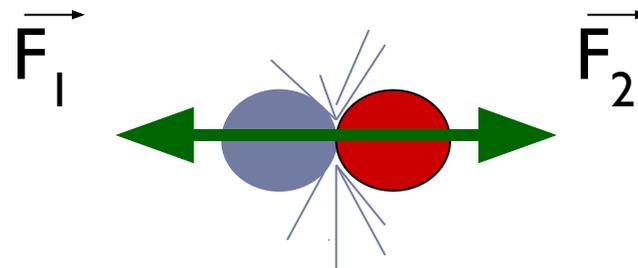
**Цель:** ввести понятие замкнутой системы, вывести закон сохранения импульса и проверить его на примерах. Научится применять ЗСИ к полёту ракет.

# Подумай!

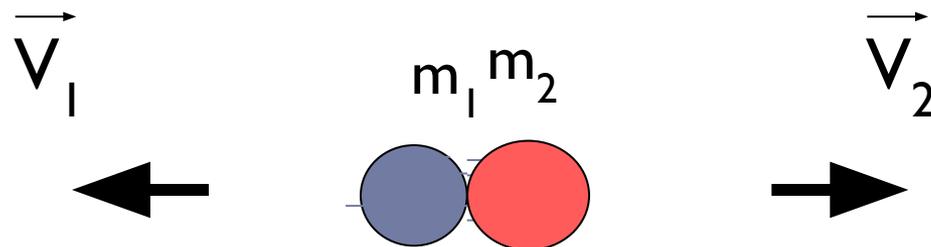
ДО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ



ПОСЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Условие – рассматриваем замкнутую систему тел.



# Закон сохранения импульса

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

$m_1, m_2$  – массы взаимодействующих тел, кг

$\vec{v}_1, \vec{v}_2$  – скорости тел до столкновения, м/с

$\vec{v}_1', \vec{v}_2'$  – скорости тел после столкновения, м/с

# Закон сохранения импульса

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

$m_1 \vec{v}_1$  и  $m_2 \vec{v}_2$  — импульсы тел  
до взаимодействия кг · м/с

$m_1 \vec{v}_1'$  и  $m_2 \vec{v}_2'$  — импульсы тел  
после взаимодействия кг · м/с

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

В замкнутой системе **векторная**  
**сумма** импульсов тел **до**  
**взаимодействия** равна **векторной**  
**сумме** импульсов тел **после**  
**взаимодействия**

Какую бы систему взаимодействующих тел мы не рассматривали, будь то Солнечная система или сталкивающиеся бильярдные шары, у тел системы с течением времени непрерывно изменяются координаты и скорости. Замечательным является то, что в системе тел, на которую не действуют внешние силы, имеется ряд величин, которые при движении тел не изменяются со временем. Именно к таким величинам относится импульс (или количество движения), который, как говорят, подчиняется соответствующему закону сохранения.



# Строение ракеты

## Устройство одноступенчатой ракеты



## Устройство многоступенчатых ракет



# Закон сохранения импульса

Воздушный шар, находившийся в неподвижности, лопнул. На какой из картинок правильно изображены импульсы частей шара?



## Проверка знаний по таблице. Найди ответ на

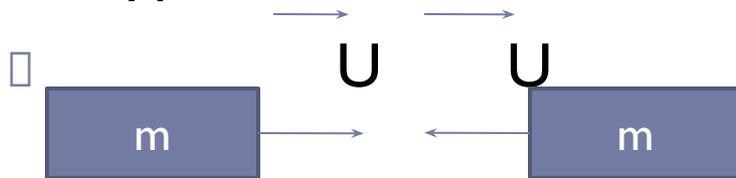
### вопрос.

Вопросы		Ответы	
Какую систему тел называют незамкнутой?	Какое движение называется реактивным?		
На каком законе основано реактивное движение?	Формула закона сохранения импульса.		
Что такое замкнутая система тел?	Первое тело массой 2 кг движется со скоростью 6 м/с, второе неподвижно. После столкновения оба тела движутся вместе со скоростью 2 м/с. Какова масса второго тела?		
При выстреле из автомата вылетает пуля массой $m$ со скоростью $V$ . Какую по модулю скорость приобретет автомат, если его масса в 500 раз больше массы пули?	Шарик массой $m$ движется со скоростью $V$ и сталкивается с таким же неподвижным шариком. Считая удар абсолютно упругим, определите скорости шариков после столкновения.		
С лодки общей массой 200 кг, движущейся со скоростью 1 м/с, выпал груз массой 100 кг. Какой стала скорость лодки?	Железнодорожный вагон массой $m$ , движущийся со скоростью $V$ , сталкивается с неподвижным вагоном массой $2m$ и сцепляется с ним. С какой скоростью движутся вагоны после столкновения?		
С тележки массой 210 кг, движущейся горизонтально со скоростью 2 м/с, в противоположную сторону прыгает человек массой 70 кг. Какова скорость человека при прыжке, если скорость тележки стала равной 4 м/с?	Чему равен модуль изменения импульса шара из пластилина массой $2m$ , движущегося со скоростью $V$ , после столкновения со стенкой?		
Неподвижное атомное ядро массой $M$ испускает частицу массой $m$ , движущуюся со скоростью $V$ , и отлетает в противоположном направлении. Какой по модулю импульс приобретает при этом ядро?	Шарик массой $m$ движется со скоростью $V$ и сталкивается с таким же неподвижным шариком. Считая удар абсолютно неупругим, определите скорости шариков после столкновения.		

# Решение задач

---

□ *Задача №1.*

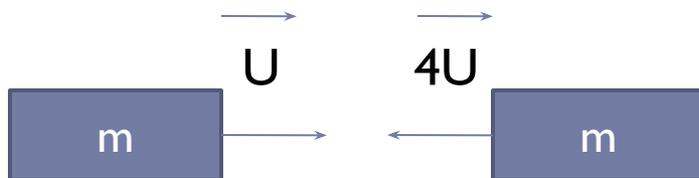


До соударения



После соударения. Какой будет скорость тел?

*Задача №2.*



До соударения

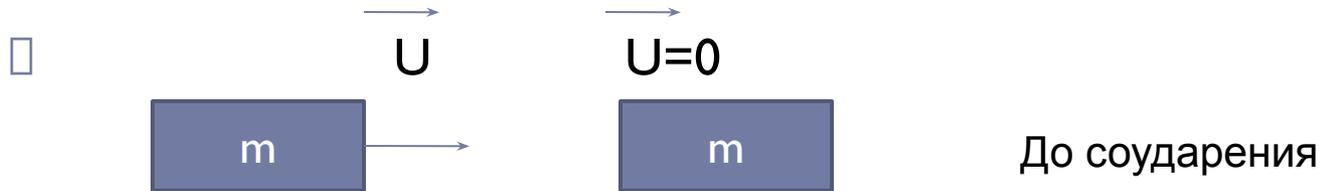


После соударения. Какой будет скорость тел?

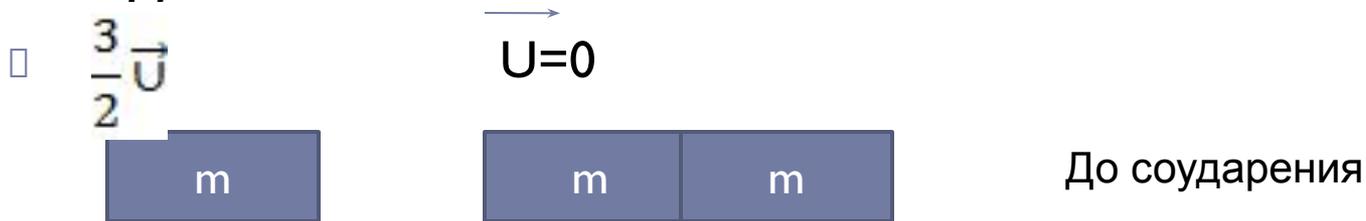
---



▣ *Задача №3.*



▣ *Задача №4.*



тел?

# Объяснение нового материала

Для системы материальных точек существует два закона связанных с понятием импульс.

Первый закон – закон изменения импульса системы; второй – закон сохранения импульса системы.

$\sum \Delta \vec{p} = \sum \vec{F}_{\text{вн}} * \Delta t$  (закон изменения импульса системы тел)

$\sum \Delta \vec{p} = 0$  (закон сохранения импульса системы тел)

$\sum \Delta \vec{p}$  – изменение суммарного импульса системы

$\sum \vec{F}_{\text{вн}} * \Delta t$  – векторная сумма внешних сил, действующих на тела системы

Справедлив для незамкнутой механической системы материальных точек.

1. Справедлив для замкнутой системы (идеализация)
2. Справедлив при кратковременных (ударных) взаимодействиях.
3. При которых  $\vec{f} \gg \vec{F}$

# Алгоритм решения задач

---

Первый этап:

1. Надо выбрать системы отсчета.
2. Выбрать систему взаимодействующих тел.
3. Определить какие силы являются внутренними, а какие - внешними.
4. Определить импульс до и после взаимодействия.
5. Написать закон сохранения импульса в векторном виде, а затем в скалярном.



## Задачи

---

1. Уравнения движения материальной точки массой 2 кг  $X=5 - 8t+4t^2$ . Найти импульс и его изменение.
2. Два тела одинакового объёма, медное и стальное, движутся с одинаковыми скоростями. Сравнить импульс этих тел.



**327(325).** С лодки массой 200 кг, движущейся со скоростью 1 м/с, ныряет мальчик массой 50 кг, двигаясь в горизонтальном направлении. Какой станет скорость лодки после прыжка мальчика, если он прыгает: а) с кормы со скоростью 4 м/с; б) с носа со скоростью 2 м/с; в) с носа со скоростью 6 м/с?

**320.** Движение материальной точки описывается уравнением  $x = 5 - 8t + 4t^2$ . Приняв ее массу равной 2 кг, найти импульс через 2 с и через 4 с после начала отсчета времени, а также силу, вызвавшую это изменение импульса.

