



# Почему?

**Если мяч, летящий с большой скоростью, футболист может остановить ногой или головой, то вагон, движущийся по рельсам даже очень медленно, человек не остановит.**

**Стакан с водой находится на длинной полоске прочной бумаги. Если тянуть полоску медленно, то стакан движется вместе с бумагой. А если резко дернуть полоску бумаги - стакан остается неподвижный.**

**Теннисный мяч, попадая в человека, вреда не причиняет, однако пуля, которая меньше по массе, но движется с большой скоростью (600—800 м/с), оказывается смертельно опасной.**





МЫ СДЕЛАЛИ  
СВОЮ РАБОТУ  
ОТЛИЧНО  
И ТЕПЕРЬ  
МЫ МОЖЕМ  
ПОДВЕСТИ  
ИТОГ НАШЕЙ  
РАБОТЫ





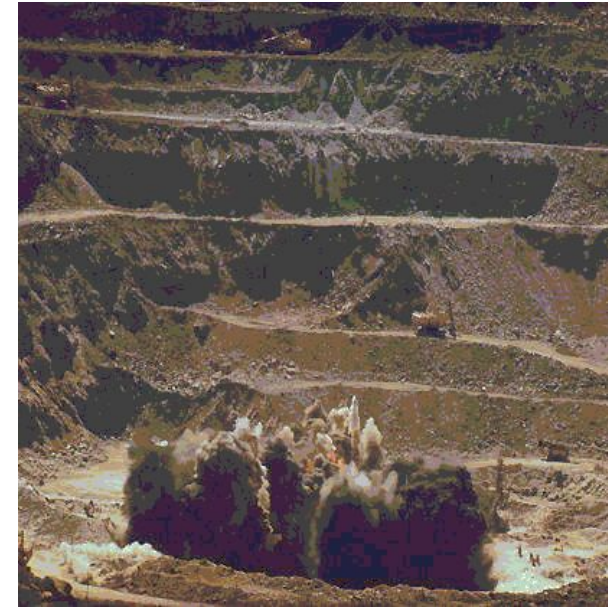
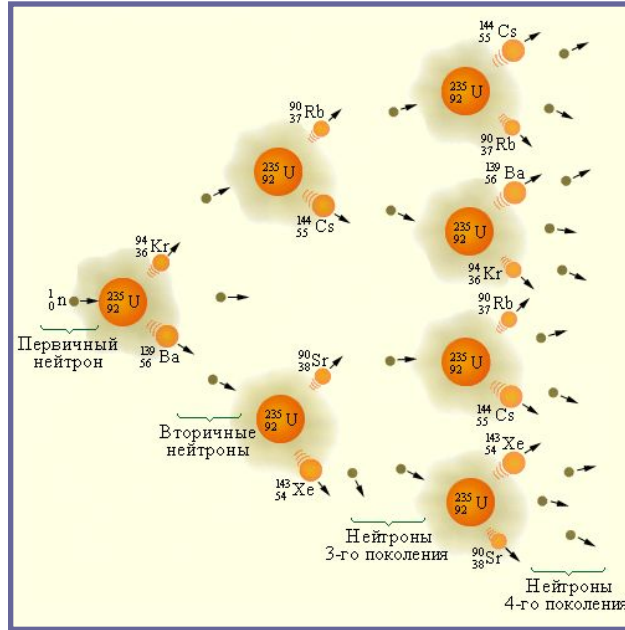
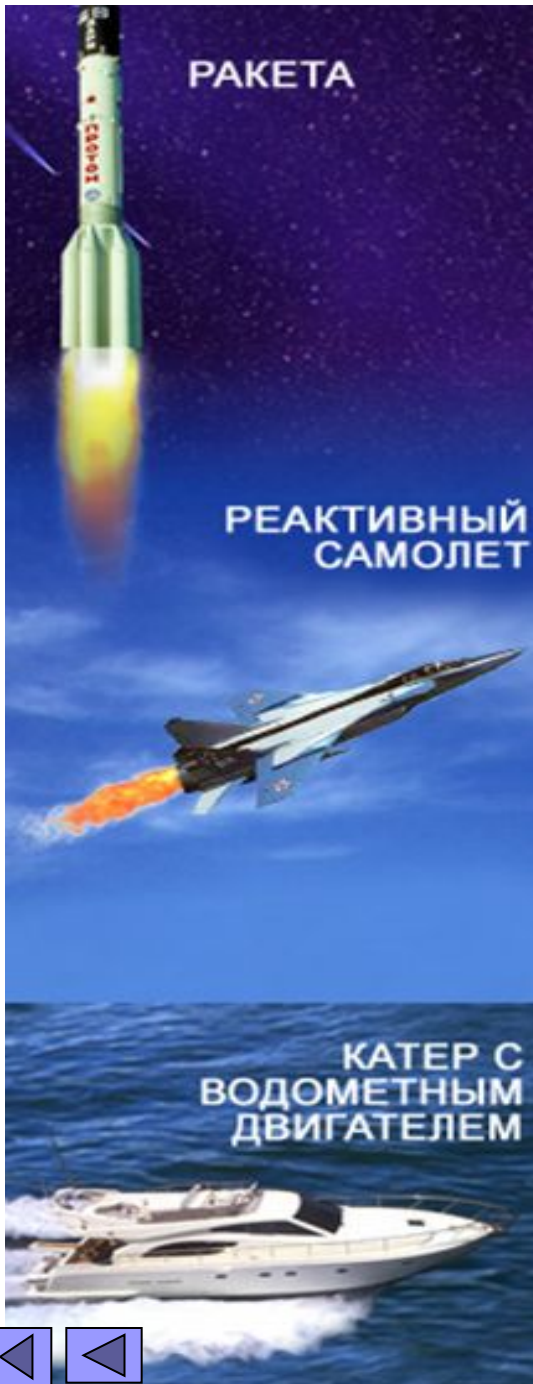
1596-1650 г

1

Рене Декарт -  
французский  
французский  
математик фран  
цузский

С математик,  
латинского  
философ франц  
языка  
уэский  
«impulsus» -  
математик,  
импульс -  
философ,  
«толчок»,  
физик французс

# Значение импульса



Взрывы

Все столкновения атомных ядер, ядерные реакции



Реактивное оружие



Удары при авариях



**Импульс тела** – это физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.

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

$$\vec{p} \uparrow \uparrow \vec{v} ;$$



**p [1  
кг·м/с]**



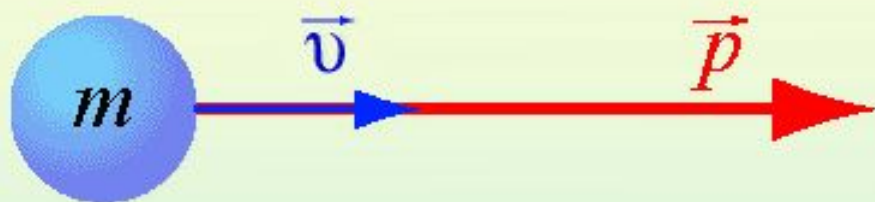
$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

$\vec{p}$  – импульс тела, кг·м/с

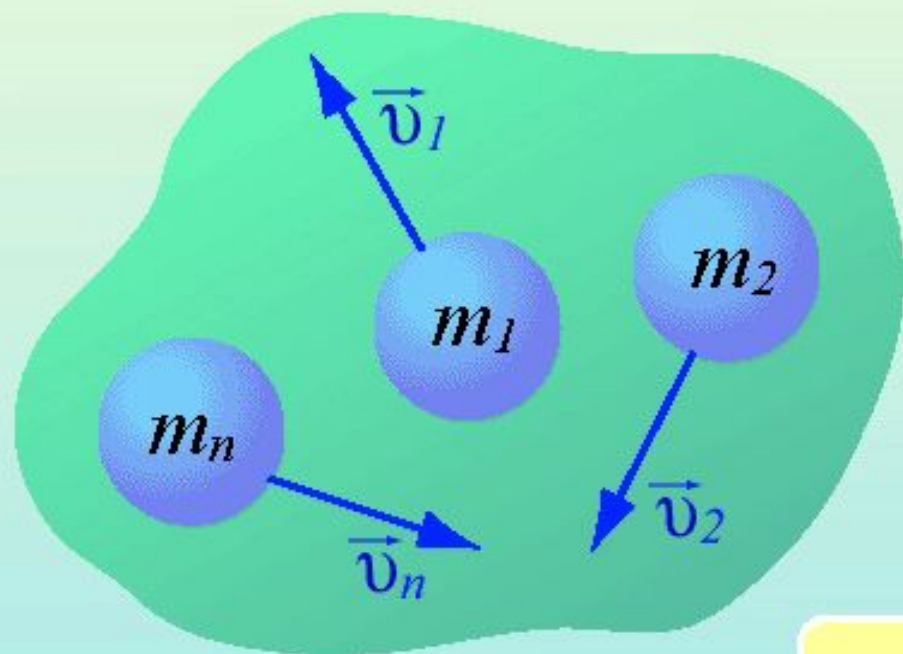
$m$  – масса тела, кг

$\vec{v}$  – скорость тела, м/с

Импульс тела – мера механического движения



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



$$\vec{p}_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$$

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

# Единица импульса

$$[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



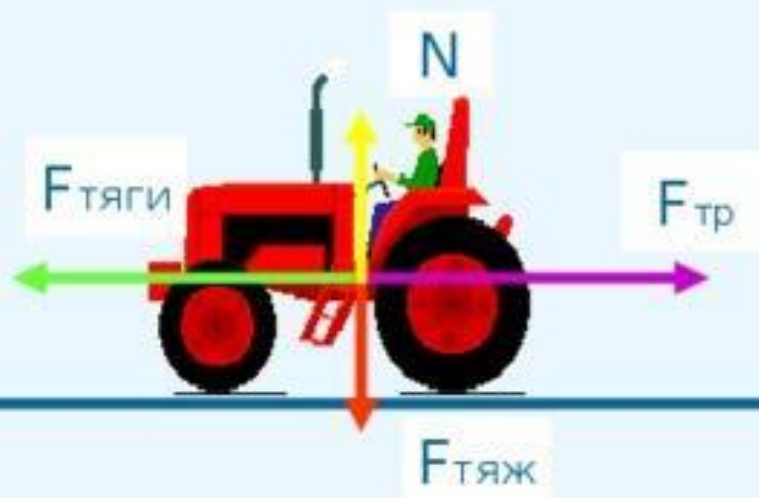


Импульс  $\mathbf{p}$  – векторная величина.

Он всегда совпадает по направлению с вектором скорости тела. Любое тело, которое движется, обладает импульсом.

# Свойства импульса.

1. Если на тело не действуют другие тела, или действия других тел компенсируются, то импульс тела не изменяется.



## Свойства импульса

2. При взаимодействии тела с другим телом, его импульс может полностью или частично передаваться другому телу.

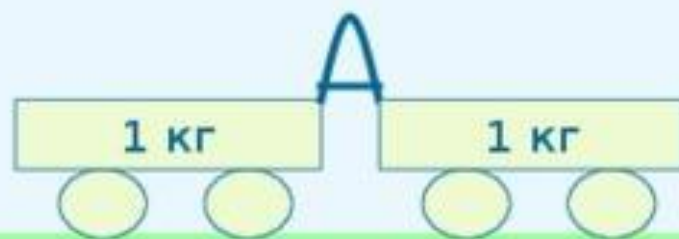


$$F=ma, \quad a=(v-v_0)/t, \quad F=m(v-v_0)/t, \quad Ft=(mv-mv_0)$$
$$Ft=(P-P_0)=\Delta P$$

Импульс силы равен изменению импульса тела.

# Свойства импульса

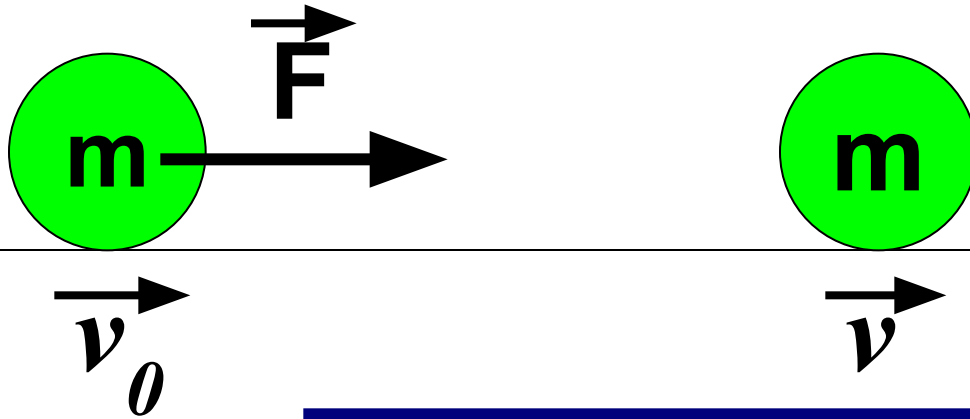
3. Импульс замкнутой системы тел есть величина постоянная.



Импульс двух тележек = 0, т.к. их  $v=0$ .

После взаимодействия:  $\vec{P}_1 = -\vec{P}_2$  т.к. они движутся в разные стороны и с одинаковыми скоростями.

$$\vec{P}_{\text{системы}} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = 0$$



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

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

**Импульс силы** – это произведение силы на время её действия.

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

$$\vec{F} \cdot t$$



$$F \cdot t$$

**Импульс силы равен изменению импульса тела.** [1Н·с]

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

$$Ft = p - p_0 = \Delta p$$

Импульс  
силы

= произведе  
ние силы  
на время ее  
действия

изменение  
импульса  
тела

Другая формулировка II закона Ньютона: импульс силы = изменению импульса тела.

# СИЛА И СКОРОСТЬ

- Задача механики – описание движения тел, решается с помощью II з. Ньютона. Существуют случаи, когда силу невозможно измерить, например, **СТОЛКНОВЕНИЯ ТЕЛ.**
- Тогда удобнее рассчитывать изменение скорости тел, т.к. сила вызывает изменение скорости. Движение тел до удара и после удара будем считать **равномерными.**

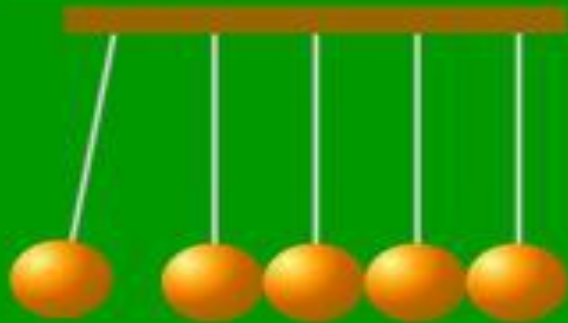


# Понятие импульса



Передача импульса21.avi

# Закон сохранения импульса



Если с одной стороны отклоняется один шар, то после соударения с противоположной стороны отклоняется так же один шар

© blinoff@udm.ru

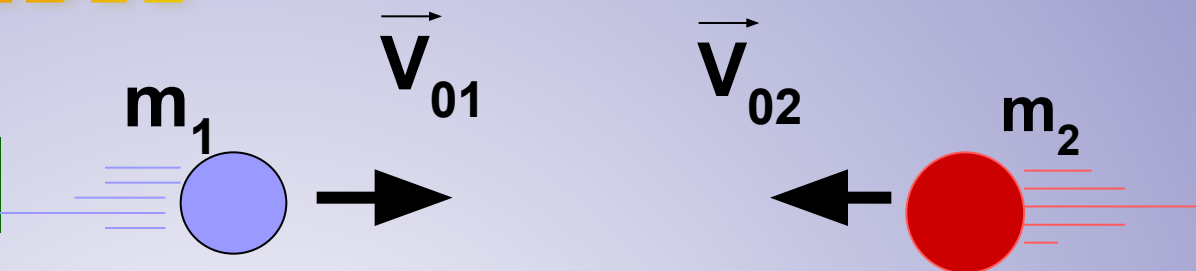


- стоп
- ▶ пуск
- ⏸ пауза

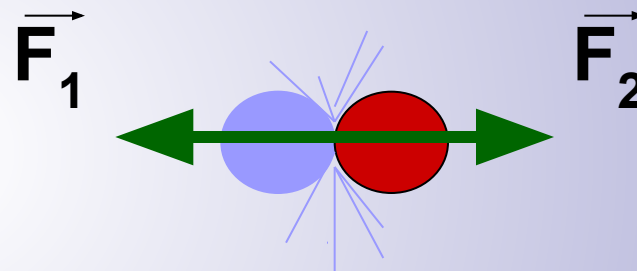


# Подумай!

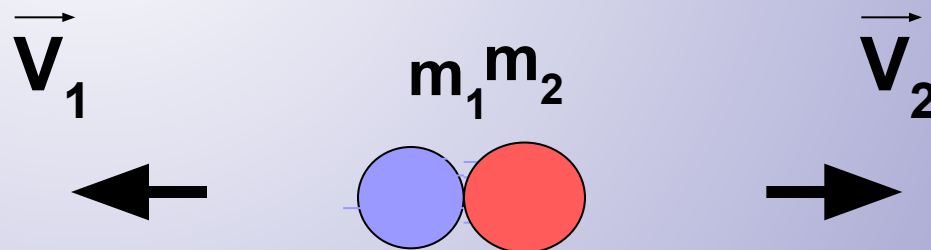
ДО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ



ПОСЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Условие – рассматриваем замкнутую систему тел.



# ***Закон сохранения импульса.***

**В замкнутой системе, векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.**

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

$m_1 v_{01}$  - начальный импульс 1 тела

$m_2 v_{02}$  - начальный импульс 2 тела

$m_1 v_1$  - конечный импульс 1 тела

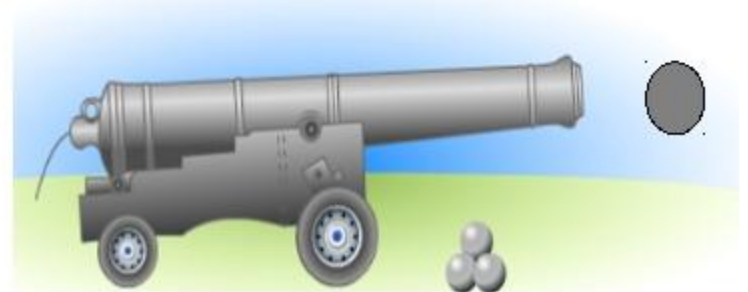
$m_2 v_2$  - конечный импульс 2 тела



# Замкнутая система тел

- Это система тел, которые взаимодействуют только друг с другом. Нет внешних сил взаимодействия.

Замкнутая система тел - это физическая модель.

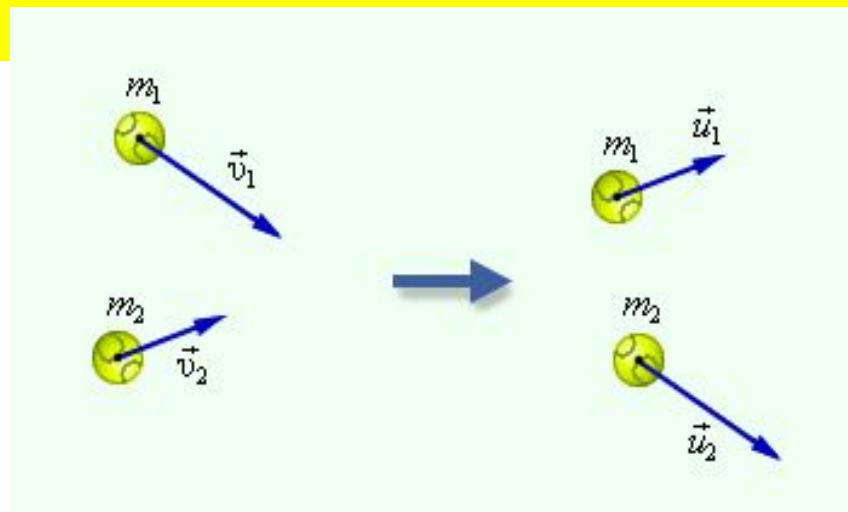


## Применимость закона сохранения импульса

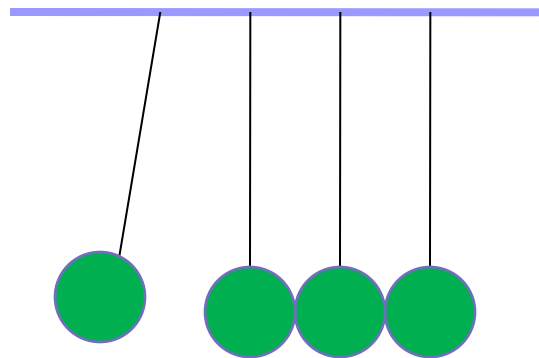
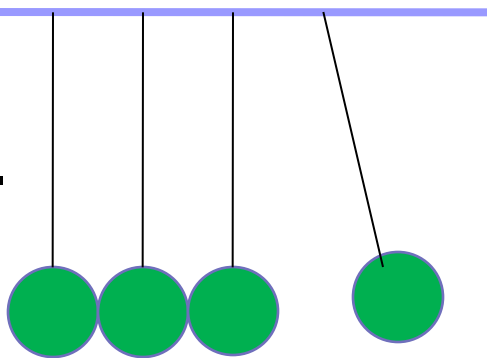
1. Если система замкнута, т.е. внешние силы отсутствуют
2. Если система незамкнута, но действие внешних сил скомпенсировано
3. Если система незамкнута, но существует направление вдоль которого действие внешних сил скомпенсировано. Тогда для этого направления можно записать закон сохранения импульса
4. Если система незамкнута, но время процесса, в результате которого происходит обмен импульсами между телами, столь мало, что внешняя сила не успевает существенно повлиять на перераспределение импульсов между телами

# УПРУГИЙ УДАР

1. При упругом столкновении двух тел оба тела приобретают новые скорости

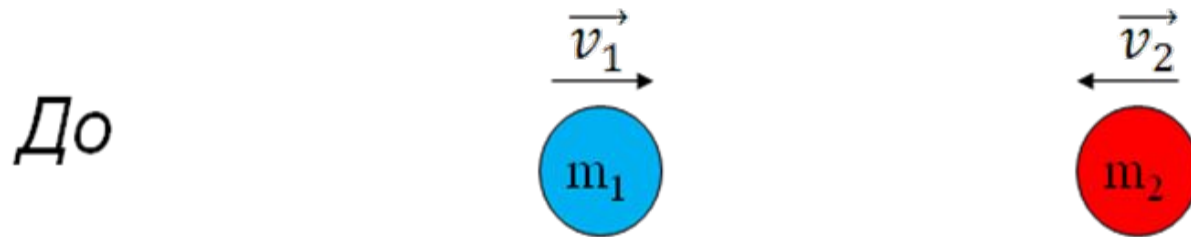


■ 2.





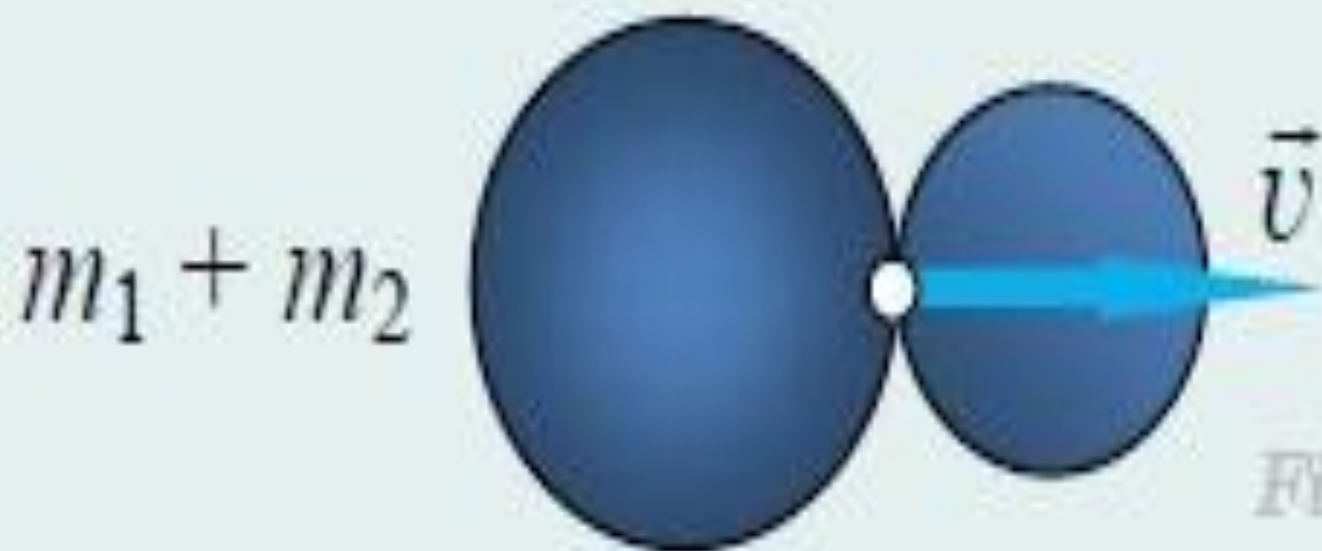
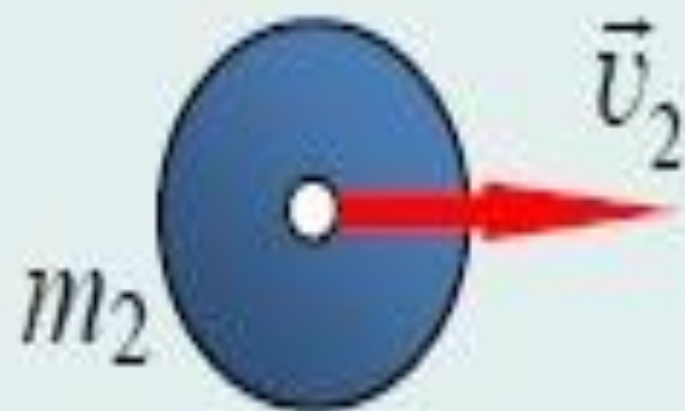
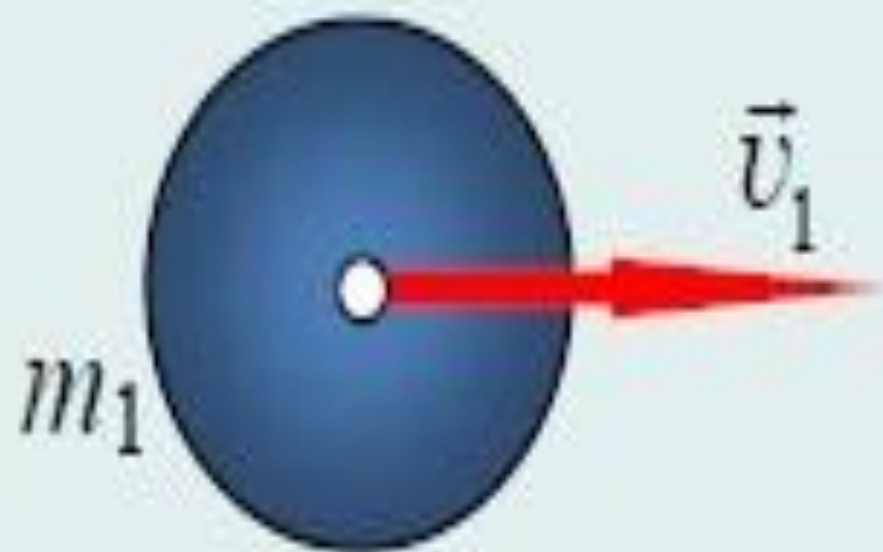
# Упругое взаимодействие.



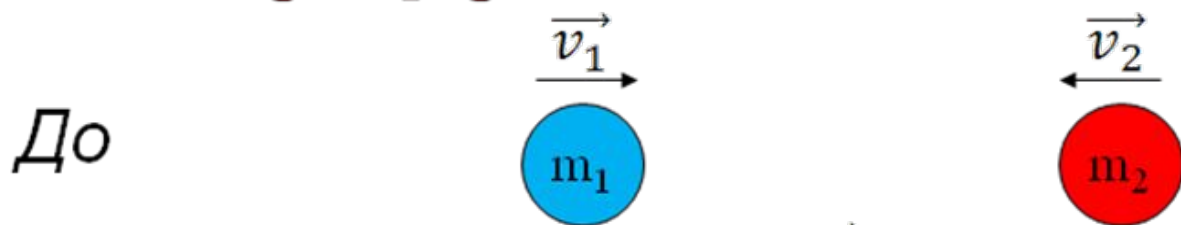
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

# НЕУПРУГИЙ УДАР

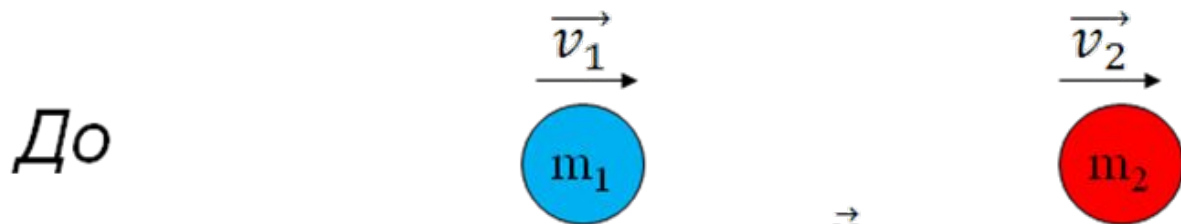
- При неупругом ударе тела соединяются и после удара движутся вместе.
- Уравнение закона сохранения импульса имеет вид
- $$m_1v_1 \pm m_2v_2 = (m_1 + m_2)u$$
- (если тела движутся навстречу друг другу, то ставится «-», если одно тело догоняет другое, то ставится «+»)



# Неупругое взаимодействие.

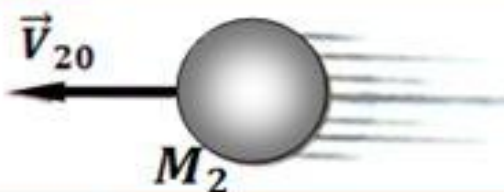


$$m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2 = \vec{v} (m_1 + m_2)$$



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

### До взаимодействия



До взаимодействия импульс системы равен  $m_1 \cdot \vec{V}_{10} + M_2 \cdot \vec{V}_{20}$

Система тел

Импульс тела

Импульс системы тел

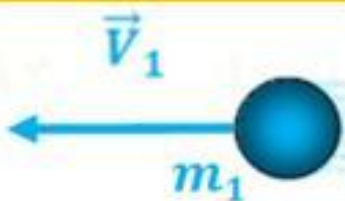
### Взаимодействие



Импульс силы

Изменение импульса тела

### После взаимодействия



После взаимодействия импульс системы равен  $m_1 \cdot \vec{V}_1 + M_2 \cdot \vec{V}_2$

Импульс системы тел «До...»

Импульс системы тел «После...»

### Закон сохранения импульса

$$m_1 \cdot \vec{V}_{10} + M_2 \cdot \vec{V}_{20}$$



$$m_1 \cdot \vec{V}_1 + M_2 \cdot \vec{V}_2$$

# Проявление импульса





Возникновение значительной отдачи при использовании мощного брандспойта



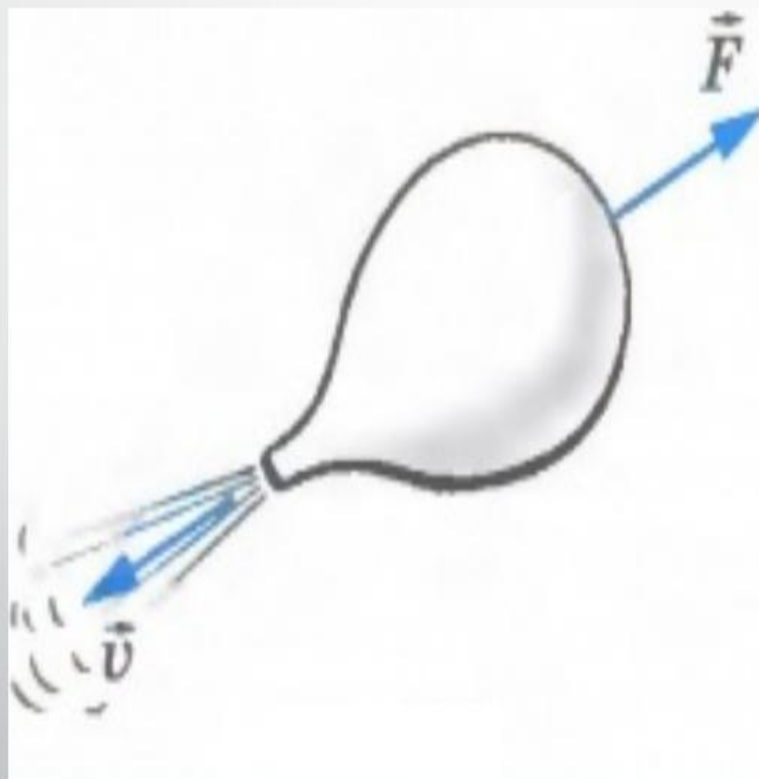


Когда пожарные используют брандс-пойт, они всегда держат его вдвоем или даже втроем.

Так необходимо поступать, чтобы противодействовать импульсу бьющей струи.



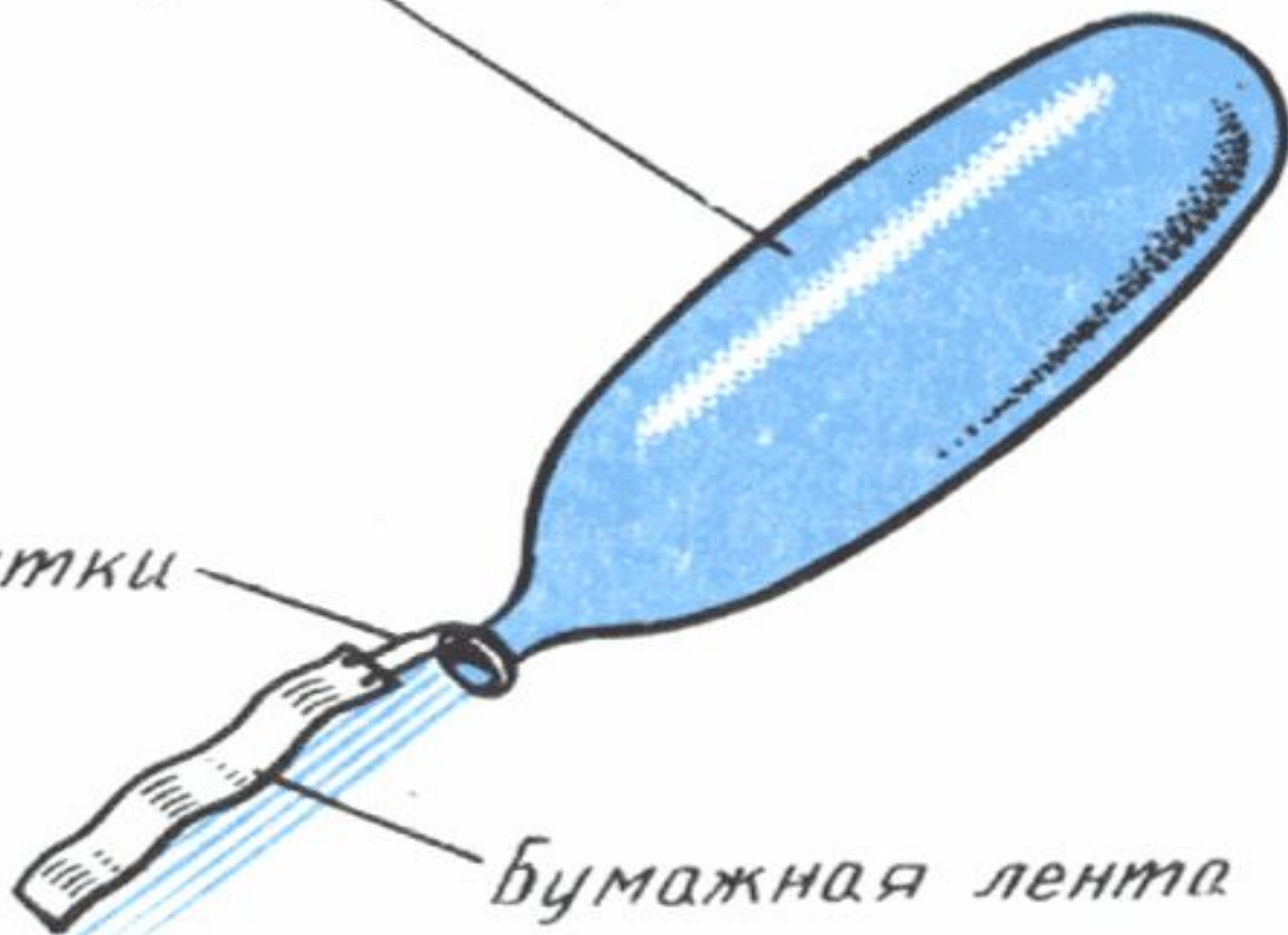
Реактивное движение – это движение, возникающее при взаимодействии тел внутри системы, при котором от тела отделяется какая-то его часть и движется в противоположном направлении.



Воздушный шарик

Нитки

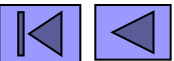
Бумажная лента



# Шар Герона



Герон Александрийский – греческий механик и математик. Одно из его изобретений носит название Шар Герона. В шар наливалась вода, которая нагревалась огнем. Вырывающийся из трубки пар вращал этот шар. Эта установка иллюстрирует реактивное движение.



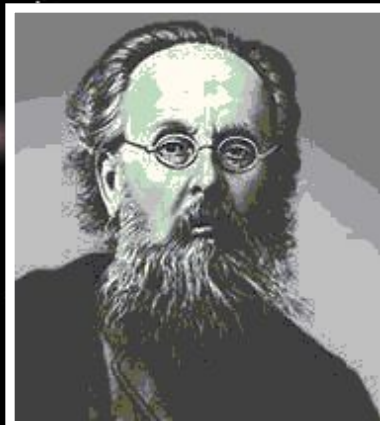
# Реактивное движение

- Реактивное движение – движение всего тела за счёт отделения от него части тела.
- Для ракеты формула имеет вид,
- где  $M$  и  $m$  – массы ракеты и газа соответственно,  $u$  и  $u$  – скорости ракеты и газа соответственно
- К.Э. Циолковский

$$u = - \frac{m \dot{u}}{M}$$



Кибальчич Н. А.



Циолковский К. Э



Королев С. П.

*Освоение*



*КОСМОСА*



$$M_p v_p + m_{\text{газа}} u_{\text{газа}} = 0$$

$$M_p v_p - m_{\text{газа}} u_{\text{газа}} = 0$$

$$M_p v_p = m_{\text{газа}} u_{\text{газа}}$$

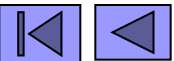
$$v_p = \frac{m_{\text{газ}}}{M_p} U_{\text{газа}}$$



## Устройство одноступенчатой ракеты



## Устройство многоступенчатых ракет



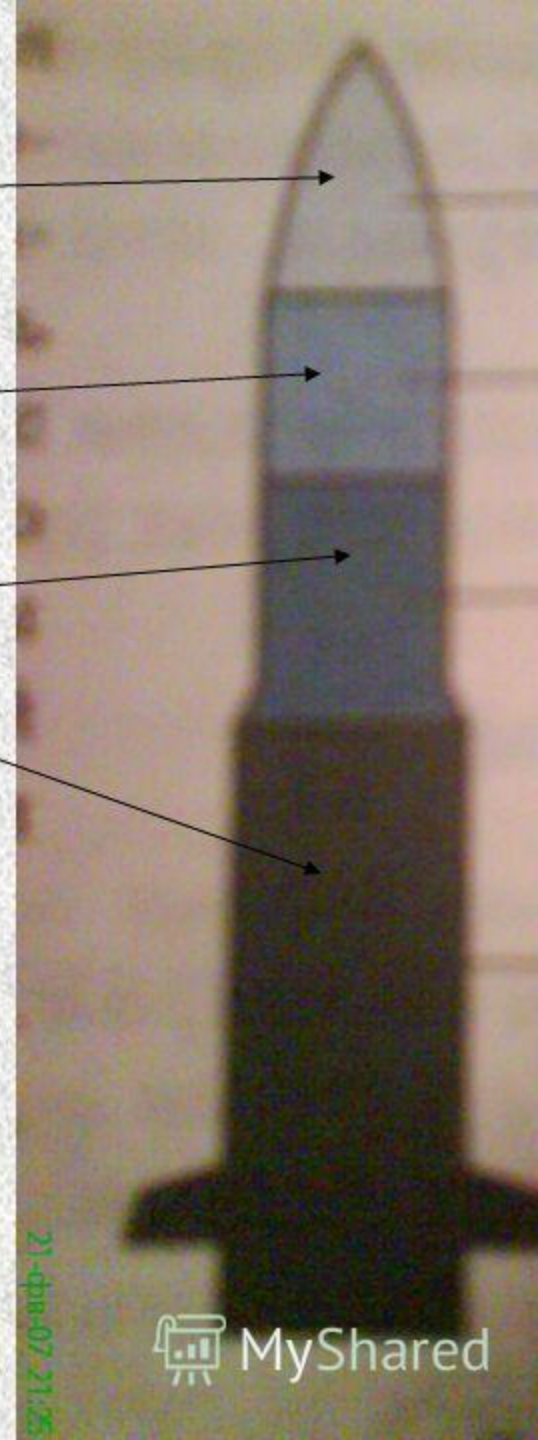
Для увеличения скорости ракеты, используют многоступенчатую конструкцию ракеты. Масса ракеты становится меньше, а скорость, соответственно, больше.

Космический  
корабль.

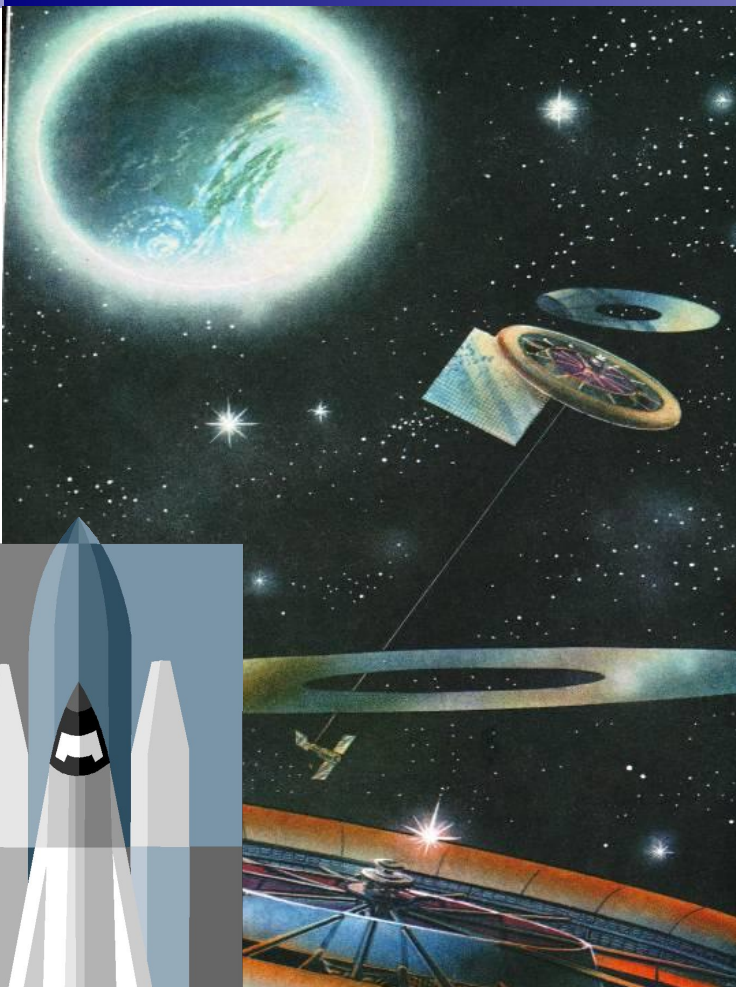
3 ступень.

2 ступень.

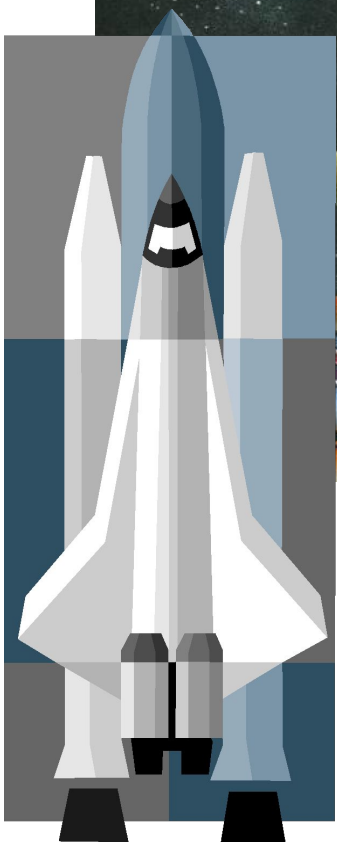
1 ступень.







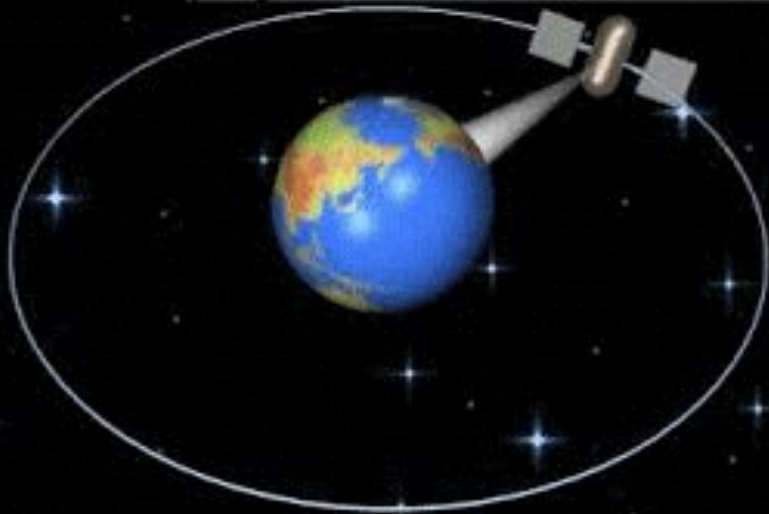
***Принцип реактивного движения находит широкое практическое применение в авиации и космонавтике***



- старт
- ▶ подъем
- ≡ маневры



physics-animations.com





## РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

- движение тела возникающее в результате выброса этим телом вещества

### Примеры:

- самолеты; ракеты и космические снаряды;
- осьминоги, кальмары, каракатицы, медузы;
- растения, личинки стрекоз
- выброс воды из шланга





Примеры реактивного движения можно найти в природе. Таким образом передвигаются некоторые морские животные: кальмары и медузы.

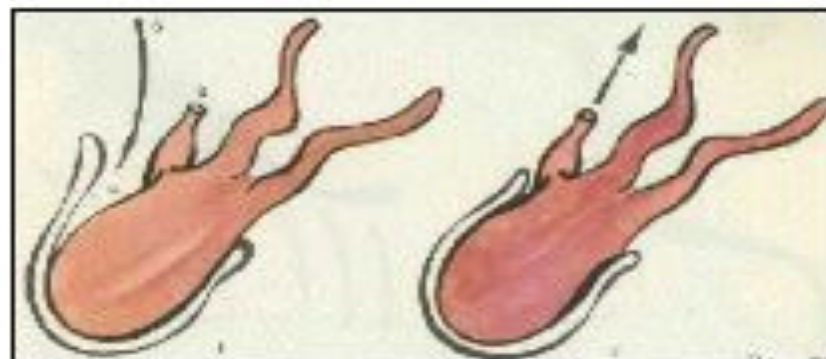
Человек стал использовать такой способ передвижения только в XX веке.



*А также в живой природе...*

# Реактивное движение

По принципу реактивного движения передвигаются некоторые представители животного мира, например, кальмары и осьминоги. Периодически выбрасывая, вбираемую в себя воду они способны развивать скорость 60 - 70 км/ч.



# Кальмар

- Кальмары достигли высшего совершенства в реактивной навигации. У них даже тело своими внешними формами копирует ракету.





# каракатица

Двигается она так же как кальмар



# Личинка стрекозы

Они набирают воду в заднюю кишку, а затем выбрасывают её и прыгают вперед за счет силы отдачи.



# Реактивное движение

Примеры реактивного движения можно обнаружить и в мире растений. В южных странах ( и у нас на побережье Черного моря) произрастает растение под названием "бешеный огурец". Стоит только слегка прикоснуться к созревшему плоду, похожему на огурец, как он отскакивает от плодоножки, а через образовавшееся отверстие из плода фонтаном со скоростью до 10 м/с вылетает жидкость с семенами. Сами огурцы при этом отлетают в противоположном направлении. Стреляет бешеный огурец (иначе его называют «дамский пистолет») более чем на 12 м.



4 октября 1957 год



Первый искусственный спутник Земли

## 4 ОКТЯБРЯ 1957 Г.

- в 22 часа 28 минут московского времени с космодрома Байконур в СССР принял старт первый в мире искусственный спутник Земли.
- При поперечнике в 580 мм масса первого спутника составляла 83,6 кг.
- Он просуществовал 92 суток.



# Дайте ответ:

- Что называется импульсом тела?
- Запишите формулу импульса тела.
- Какова единица измерения импульса тела в СИ?
- Что такое замкнутая система тел?
- Приведите примеры проявления закона сохранения импульса.

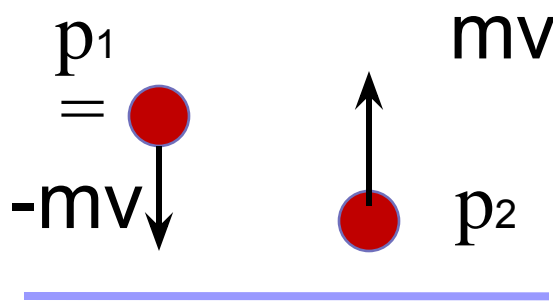
#17.

Задача:1

# ЗАДАЧА

- Шарик массой 100г, летящий со скоростью 20м/с, упруго ударяется о стенку и отскакивает от нее с такой же скоростью. Найти *изменение* импульса шарика

*Решение*



$$\Delta p = p_2 - p_1 = mv - (-mv)$$

$$= 2mv$$

$$\Delta p = 2 \cdot 0,1 \cdot 20 = \mathbf{4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}}$$

## Задача:

На неподвижную тележку массой 100 кг. Прыгает человек массой 50 кг. Со скоростью 6 м/с.

С какой скоростью начнет двигаться тележка с человеком?





80 м/с

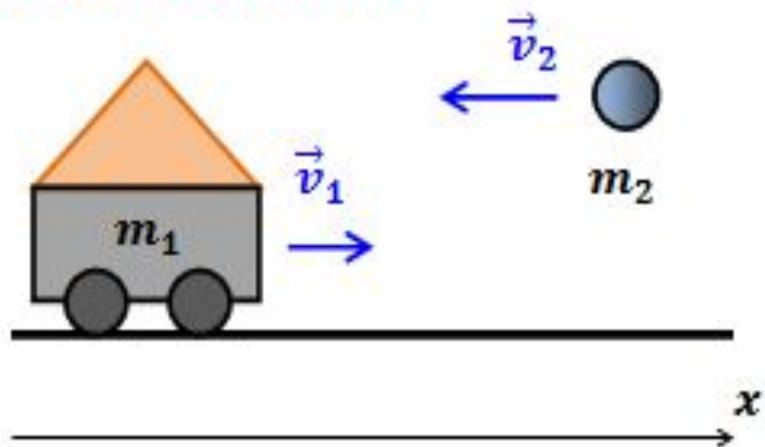
Царь пушка имеет массу 40 т, а масса каждого снаряда 100 кг. Какова скорость вылета снаряда из пушки, если скорость отдачи самой пушки 0,2 м/с?

## Задача (самостоятельно)

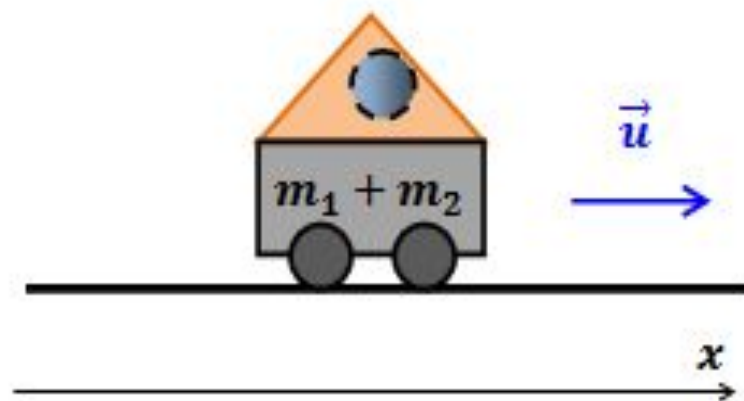
- Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Найти скорость вагона, если он двигался со скоростью 36 км/ч навстречу снаряду.

**5 м/с**

до взаимодействия



после взаимодействия



# ЗАДАЧА

- Летящая пуля **массой 10г** ударяется в брусок **массой 390г** и застревает в нем. Найти скорость бруска, если **скорость пули 200м/с**.

# ЗАДАЧА

Дано:

$$m_1 = 10\text{г}$$

$$m_2 = 390\text{г}$$

$$v_1 = 200\text{м/с}$$

$$v_2 = 0$$

$u$  - ?

СИ

$$0,01\text{кг}$$

$$0,39\text{кг}$$

Решение

ЗСИ для неупругого удара

$$m_1 v_1 \pm m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u$$

$$u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$u = \frac{0,01 \cdot 200}{0,39 + 0,01} = \frac{2}{0,4} = \underline{5\text{м/с}}$$

# Задача 1.

Поливочная машина с водой имеет массу 6 т и движется со скоростью 36 км/ч. После работы масса машины стала 3 т. Сравнить импульс машины, если она возвращается в гараж со скоростью 54 км/ч.

$$p_1 > p_2$$

## Задача 2.

Скорость машины массой 1,5 т возросла с 36 км/ч до 72 км/ч. Чему равен импульс силы, действовавшей на автомобиль?

15

кН·с

## Задача 3.

Тело массой 400 г начинает равноускоренное движение из состояния покоя и за время 10 с проходит путь 200 м.

Определить импульс тела в конце 10 с.

**16**

**кг·м/с**



## Задача 4.

Два вагона массами 20 т и 30 т движутся навстречу друг другу со скоростями 4 м/с и 8 м/с. При столкновении они приходят в сцепку, а затем движутся как одно целое. Определить их скорость движения после сцепки.

**3,2 м/с**

# ТЕСТ

**1. Импульсом тела называют величину равную**

- А) произведению массы тела на силу;
- Б) отношению массы тела к его скорости
- В) произведению массы тела на его скорость.
- Г) произведение массы на ускорение

**2. Если на тело не действует сила, то импульс тела**

- А) не изменяется
- Б) увеличивается
- В) уменьшается
- Г) равен нулю

**1. Импульс тела всегда направлен**

- А) перпендикулярно скорости
- Б) сонаправлен скорости
- В) противоположен скорости
- Г) совпадает с ускорением

**2. Если на тело действует сила, то импульс тела:**

- А) не изменяется
- Б) только увеличивается
- В) только уменьшается
- Г) может и увеличиваться и уменьшаться

# Т Е С Т

3. Когда ступень ракеты отделяется от космического корабля, она получает некоторый импульс  $p_0$ . Какой импульс  $p$  получает при этом космический корабль?

А)  $p = p_0$       Б)  $p < p_0$

В)  $p > p_0$       Г)  $p = 0$

4. Мяч массой  $m$  брошен вверх с начальной скоростью  $v$ . Каково изменение импульса мяча за время движения от начала до возвращения в исходную точку?

А)  $mv$       Б)  $-mv$       В)  $2mv$   
Г)  $0$

3. При выстреле из ружья пуля получает импульс  $p_1$ , а ружье за счет отдачи приобретает импульс  $p_2$ . Сравните импульсы обоих тел

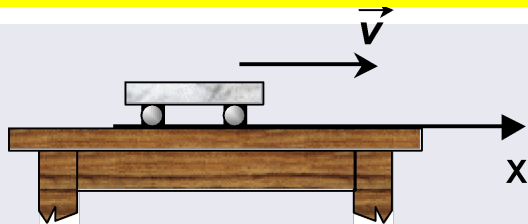
А)  $p_1 > p_2$       Б)  $p_1 < p_2$

В)  $p_1 = p_2$       Г)  $p_1 = p_2 = 0$

4. Два автомобиля с одинаковой массой  $m$  движутся со скоростями  $v$  и  $2v$  относительно Земли. Чему равен модуль импульса второго автомобиля относительно первого?

А)  $3mv$       Б)  $2mv$       В)  $mv$   
Г)  $0$

## 1 вариант



Тележка массой **0,1 кг** движется равномерно по столу со скоростью **5 м/с**, так как изображено на рисунке. Чему равен её импульс и как направлен вектор импульса?

- 1)  $0,5 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , вправо
- 2)  $0,5 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , влево
- 3)  $5,0 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , вправо
- 4)  $50 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , влево
- 5)  $50 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , вправо

## 2 вариант

Автомобиль массой **1 тонна**, движется прямолинейно со скоростью **20 м/с**. Импульс автомобиля равен...

- 1)  $0,5 \cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 2)  $1 \cdot 10^4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 3)  $2 \cdot 10^4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 4)  $20 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$
- 5)  $50 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$

# Проверь себя



1. Импульс силы в Международной системе единиц измеряется:

- A. 1Н;      В. 1м;      С. 1 Дж;      D. 1Н · с

2. Закон сохранения импульса справедлив для:

- A. замкнутой системы;      В. любой системы

3. Если на тело не действует сила, то импульс тела:

- A. увеличивается;      В. не изменяется;  
С. уменьшается

4. Что называют импульсом тела:

- A. величину, равную произведению массы тела на силу;  
В. величину, равную отношению массы тела к его скорости;  
С. величину, равную произведению массы тела на его скорость.

5. Что можно сказать о направлении вектора скорости и вектора импульса тела?

- A. направлены в противоположные стороны;  
В. перпендикулярны друг другу;  
С. их направления совпадают

ОТВЕТ: 1D; 2A; 3B; 4C; 5C.

