



# Закон сохранения импульса

# План занятия

1. Импульс. Закон сохранения импульса.
2. Механическая энергия. Закон сохранения механической энергии
3. Столкновение тел.

**Импульс тела** — это векторная величина, равная произведению массы и скорости этого тела:

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

Единица измерения импульса в системе СИ - **кг·м/с**

Изменение импульса тела – векторная разность **его конечного импульса  $\vec{p}$  и начального импульса  $\vec{p}_0$**

$$\Delta\vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0$$

—

**Импульс силы – это произведение силы на  
время ее действия**

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

Сила, приложенная к телу равна отношению **изменения импульса** к промежутку времени, за который это изменение произошло:

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

# Другая формулировка второго закона Ньютона

Равнодействующая сила равна отношению **изменения импульса** тела к промежутку времени, за который это изменение произошло:

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

- **Импульс системы тел равен векторной сумме импульсов всех тел, входящих в систему:**

$$\vec{p} = \Sigma \vec{p}_1$$

### **Внутренние силы**

*действуют между телами системы*

### **Внешние силы**

*действуют со стороны тел, не входящих в систему*

$$\vec{p}_1 = \Delta t(\vec{F}_{1\text{внеш}} + \vec{F}_{1\text{внутр}})$$

$$\vec{p}_2 = \Delta t(\vec{F}_{2\text{внеш}} + \vec{F}_{2\text{внутр}})$$



Внешние силы — силы взаимодействия между телами, принадлежащими системе и телами, не принадлежащими системе

$$\Delta \vec{p}_{\text{сист}} = \Delta t(\vec{F}_{1\text{внеш}} + \vec{F}_{2\text{внеш}})$$

**Изменить импульс системы могут только внешние силы!**

# Закон сохранения импульса

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

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 + \dots + m_n \vec{u}_n$$

Где  $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$  — начальные скорости тел, а  $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \dots, \vec{u}_n$  — конечные скорости тел.

Система, на которую внешние силы не действуют или скомпенсированы, называется **замкнутой системой**





# Закон сохранения механической энергии

СУЩЕСТВУЕТ ДВА ВИДА МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ:  
КИНЕТИЧЕСКАЯ И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ,  
КОТОРЫЕ МОГУТ ПРЕВРАЩАТЬСЯ ДРУГ В  
ДРУГА.

Потенциальная энергия – это энергия которой обладают предметы в состоянии покоя.

Кинетическая энергия – это энергия тела приобретенная при движении.

# Формула кинетической энергии

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$E_k$  – кинетическая энергия тела, Дж  
 $m$  – масса тела, кг  
 $v$  – скорость тела, м/с

# Формула потенциальной энергии

Потенциальная энергия в поле силы тяжести

$$E_{\text{пот}} = m \cdot g \cdot h$$

$E_{\text{пот}}$  - потенциальная энергия тела, поднятого на высоту  $h$  относительно нулевого уровня [ Дж ]

$m$  - масса тела [ кг ]

$g$  - ускорение свободного падения, для Земли  $g=9.8 \text{ м/с}^2$

$h$  - высота тела относительно нулевого уровня [ м ]



ВО ВСЕХ ЯВЛЕНИЯХ,  
ПРОИСХОДЯЩИХ В ПРИРОДЕ,  
ЭНЕРГИЯ **НЕ** ВОЗНИКАЕТ И **НЕ**  
ИСЧЕЗАЕТ, ОНА ТОЛЬКО  
ПРЕВРАЩАЕТСЯ ИЗ ОДНОГО ВИДА В  
ДРУГОЙ, ПРИ ЭТОМ ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ  
С  $E_g + E_n = \text{const}$

Энергия – скалярная величина

# Закон сохранения механической энергии

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами тяготения и силами упругости, **остается неизменной**.

Сумму  $E = E_k + E_p$  называют **полной механической энергией**

$$E_{k_1} + E_{p_1} = E_{k_2} + E_{p_2}$$

# Столкновение тел.

Удар – кратковременное взаимодействие двух и более тел.

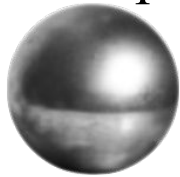
**Центральный удар** – удар, при котором скорости тел направлены вдоль линии, соединяющей центры масс тел.

**Нецентральный удар** – удар, при котором скорости тел направлены под углом к линии, соединяющей центры масс тел.

**Абсолютно неупругий удар** — это удар, при котором два тела сцепляются и в дальнейшем продолжают движение как одно тело.



**Абсолютно упругий удар** — это удар, при котором деформацией тел можно пренебречь. Тела после удара движутся отдельно. Не происходит потери механической энергии.







Из пушки массой  $600 \text{ кг}$  произвели выстрел, после чего, пушка откатилась назад со скоростью  $4 \text{ м/с}$ . Учитывая, что ствол пушки расположен горизонтально, какова скорость снаряда, массой  $50 \text{ кг}$ ?

Дано:

$$m_{\text{п}} = 600 \text{ кг}$$

$$m_{\text{с}} = 50 \text{ кг}$$

$$v_{\text{п}} = 4 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{с}} - ?$$

$$\vec{p}_{0\text{п}} + \vec{p}_{0\text{с}} = \vec{p}_{\text{п}} + \vec{p}_{\text{с}}$$

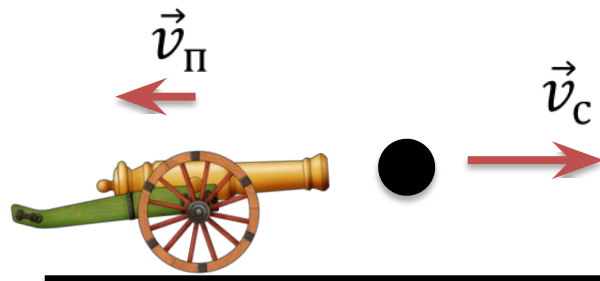
$$\vec{p}_{0\text{п}} + \vec{p}_{0\text{с}} = 0 \Rightarrow$$

$$\vec{p}_{\text{п}} + \vec{p}_{\text{с}} = 0$$

$$-\vec{p}_{\text{п}} = \vec{p}_{\text{с}}$$

$$-m_{\text{п}} \vec{v}_{\text{п}} = m_{\text{с}} \vec{v}_{\text{с}}$$

$$v_{\text{с}} = \frac{m_{\text{п}} v_{\text{п}}}{m_{\text{с}}} = \frac{600 \times 4}{50} = 48 \text{ м/с}$$



Биллиардный шар №3 ударяет другой биллиардный шар №9 той же массы. Шар №3 до удара имел скорость  $2 \text{ м/с}$ , а шар №9 покоился. После столкновения шар №3 приобрел скорость  $1,2 \text{ м/с}$  которая была направлена под углом  $30^\circ$  по отношению к начальному направлению. Найдите модуль и направление скорости шара №9 после удара. Трением можно пренебречь.

Дано:

$$v_3 = 2 \text{ м/с}$$

$$u_3 = 1,2 \text{ м/с}$$

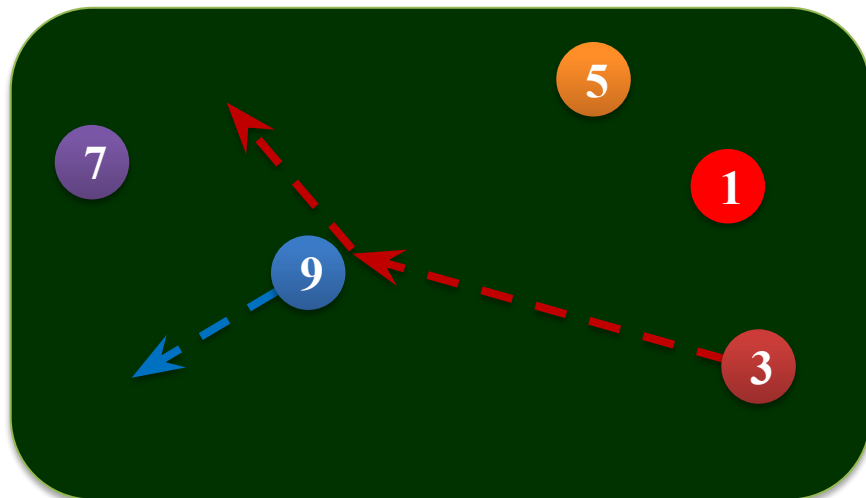
$$\alpha = 30^\circ$$

$$m_3 = m_9$$

$$v_9 = 0$$

---

$$\vec{u}_9 - ?$$



Биллиардный шар №3 ударяет другой биллиардный шар №9 той же массы. Шар №3 до удара имел скорость 2 м/с, а шар №9 покоился. После столкновения шар №3 приобрел скорость 1,2 м/с, которая была направлена под углом  $30^\circ$  по отношению к начальному направлению. Найдите модуль и направление скорости шара №9 после удара. Трением можно пренебречь.

Дано:

$$v_3 = 2 \text{ м/с}$$

$$u_3 = 1,2 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m_3 = m_9$$

$$v_9 = 0$$

---

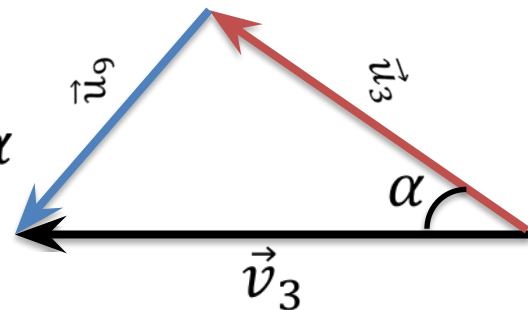

$$\vec{u}_9 - ?$$

$$m_3 \vec{v}_3 + m_9 \vec{v}_9 = m_3 \vec{u}_3 + m_9 \vec{u}_9$$

$$\vec{v}_3 \neq \vec{u}_3 \neq \vec{u}_9 + \vec{u}_9$$

$$u_9^2 = v_3^2 + u_3^2 - 2v_3u_3 \cos \alpha$$

$$u_9 = 2^2 + 1,2^2 - 2 \times 2 \times 1,2 \cos 30^\circ = 1,28 \text{ м/с}$$



Биллиардный шар №3 ударяет другой биллиардный шар №9 той же массы. Шар №3 до удара имел скорость 2 м/с, а шар №9 покоился. После столкновения шар №3 приобрел скорость 1,2 м/с, которая была направлена под углом  $30^\circ$  по отношению к начальному направлению. Найдите модуль и направление скорости шара №9 после удара. Трением можно пренебречь.

Дано:

$$v_3 = 2 \text{ м/с}$$

$$u_3 = 1,2 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m_3 = m_9$$

$$v_9 = 0$$

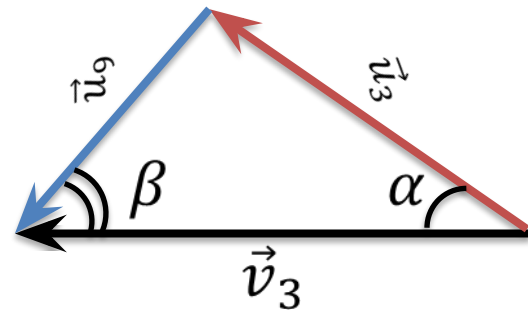
---


$$\vec{u}_9 - ?$$

$$u_9 = 2^2 + 1,2^2 - 2 \times 2 \times 1,2 \cos 30^\circ = 1,28 \text{ м/с}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{u_3}{u_9} \Rightarrow \sin \beta = \frac{u_3 \sin \alpha}{u_9}$$

$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{1,2 \times \sin 30^\circ}{1,28} \right) = 28^\circ$$



Груженная тележка массой  $100 \text{ кг}$  едет со скоростью  $6 \text{ м/с}$ . Впереди неё в том же направлении катится вторая тележка со скоростью  $1 \text{ м/с}$ . После абсолютно неупругого удара скорость груженной тележки равна  $5 \text{ м/с}$ . Найдите массу второй тележки.

Дано:

$$m_1 = 100 \text{ кг}$$

$$v_1 = 6 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 1 \text{ м/с}$$

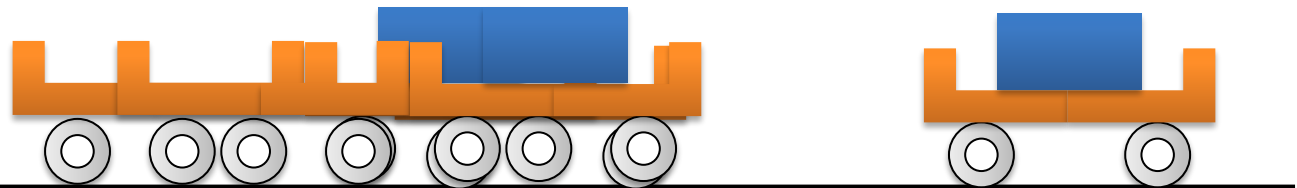
$$u_1 = 5 \text{ м/с}$$

$$m_2 = ?$$

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

$$m_2 \vec{v}_2 - m_2 \vec{u} = m_1 \vec{u} - m_1 \vec{v}_1$$

$$m_2 = \frac{m_1 (\vec{u} - \vec{v}_1)}{\vec{v}_2 - \vec{u}} = \frac{100(5 - 6)}{1 - 5} = 25 \text{ кг}$$



# Основные выводы

- **Импульс системы тел** остается неизменным, если равнодействующая внешних сил равна нулю:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 + \dots + m_n \vec{u}_n$$

- **Внешние силы** — это силы взаимодействия тел системы, с телами, не принадлежащими этой системе.
- **Внутренние силы** — это силы, действующие только между телами, принадлежащими системе.

# Основные выводы

- **Сумма внутренних сил системы всегда равна нулю.**
- **Абсолютно упругий удар** — это удар, при котором деформацией тел можно пренебречь.
- **Абсолютно неупругий удар** — это удар, после которого столкнувшиеся тела продолжают двигаться как одно тело.