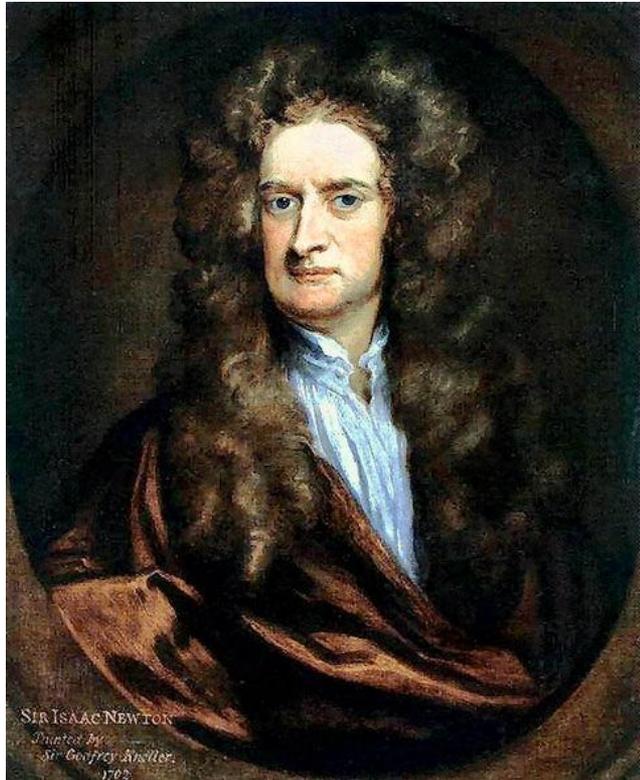


Динамика материальной точки

- законы Ньютона
- масса, сила, импульс, центр масс
- система единиц
- закон сохранения импульса
- закон движения центра масс

И.Ньютон – основоположник классической механики



И.Ньютон
1643-1727

«Математические начала
натуральной философии»
1687г.

1. Сформулировал основные законы классической механики
2. Создал физическую картину мира (ньютоновская теория абсолютного пространства и времени)

Первый закон классической механики

Всякое тело остается в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения, пока внешние взаимодействия не выведут его из этого состояния (формулировка Ньютона)

Существуют такие системы отсчета, называемые инерциальными, в которых материальная точка, на которую не действуют другие тела, движется прямолинейно равномерно или покоится

Инертность

I закон - обобщение закона **инерции** (1609, Г. Галилей)



Г.Галилей
1564-1642

Фундаментальное свойство тел сохранять состояние покоя или прямолинейного равномерного движения называется **инертностью**

Физическая величина, характеризующая инертность тела, называется **инертной массой**.

Динамические характеристики

- **Сила** – векторная величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело получает ускорение или изменяет свою форму и размеры.
- **Масса** – физическая величина, характеризующая свойство инертности тела.
- **Импульс** - векторная величина численно равная произведению массы материальной точки на ее скорость.

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

Система единиц

Система единиц – совокупность основных и производных величин, связанных между собой определенными отношениями.

ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ (СИ)			
ВЕЛИЧИНА		ЕДИНИЦА	
Название	Обозначение	Название	Обозначение
Длина	l	метр	М
Масса	m	килограмм	КГ
Время	t	секунда	С
Сила электрического тока	I	ампер	А
Абсолютная температура	T	кельвин	К
Сила света	I_v	кандела	КД
Количество вещества	n	моль	МОЛЬ

Дополнительные единицы:
плоский угол
(радиан, рад),
телесный угол
(стерадиан, ср)

Второй закон классической МЕХАНИКИ

В инерциальных системах отсчета скорость изменения импульса материальной точки равна равнодействующей сил, действующих на точку

$$\vec{F}_p = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Замечания

- II закон является определением силы как производной импульса материальной точки по времени
- II закон определяет единицу измерения силы
- II закон- динамическое уравнение движения материальной точки
- II закон связывает динамические и кинематические характеристики движения

Следствие второго закона Ньютона

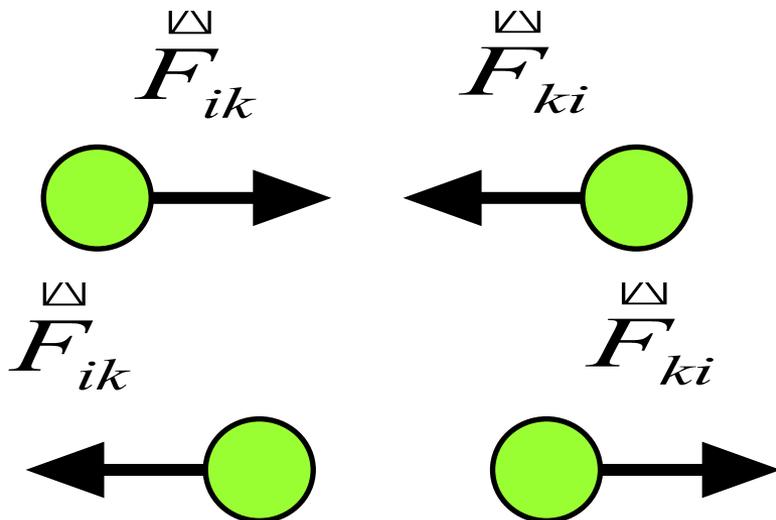
$$\vec{F}_p = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \frac{dm}{dt} \cdot \vec{v} + m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt}$$

В инерциальной системе отсчета ускорение, приобретаемое телом, прямо пропорционально равнодействующей сил, действующих на данное тело, и обратно пропорционально массе тела

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_p}{m} \quad \longrightarrow \quad \vec{F}_p = am$$

Третий закон классической МЕХАНИКИ

Всякое действие материальных точек носит характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки.



$$F_{ik} = -F_{ki}$$

Замечания

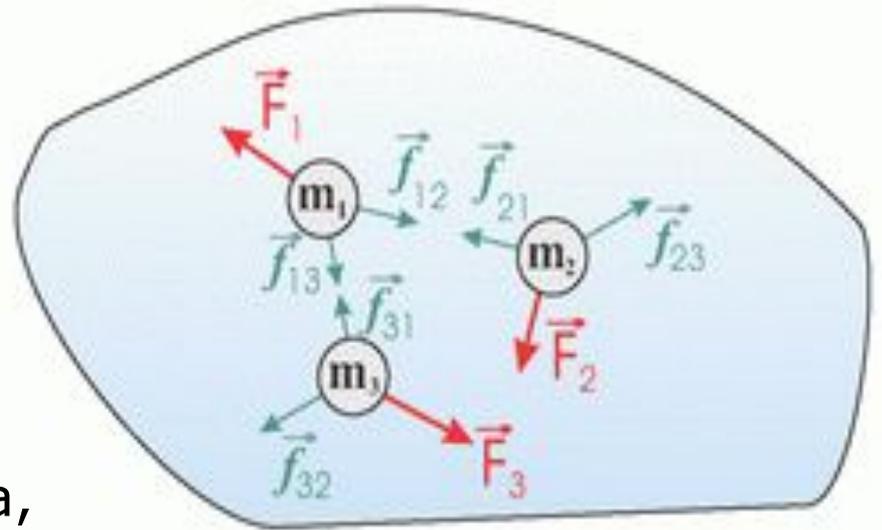
- **III закон говорит о равенстве сил, приложенных к различным телам**
- **III закон устанавливает связь между силами одной природы**
- **Сила, приложенная к одному из тел, иногда называется действием, к другому – противодействием или реакцией**

Закон сохранения импульса

- **Механическая система** – совокупность материальных точек, рассматриваемых как единое целое.
- Силы взаимодействия между материальными точками системы называются **внутренними**.
- Силы, с которыми на материальные точки системы действуют внешние тела, называются **внешними**.
- Механическая система тел, на которую не действуют внешние силы, называется **замкнутой** (или изолированной).

Закон сохранения импульса

Импульс системы материальных точек равен векторной сумме импульсов ее отдельных частей.



∇
 f_{ik} - внутренняя сила, действующая на i -тую точку со стороны k -той точки

∇
 F_i - внешняя сила, действующая на i -тую точку со стороны внешних тел

Закон сохранения импульса

$$\frac{d}{dt} m_1 \mathbf{v}_1 = \mathbf{f}_{12} + \mathbf{f}_{13} + \dots + \mathbf{f}_{1N} + \mathbf{F}_1,$$

$$\frac{d}{dt} m_2 \mathbf{v}_2 = \mathbf{f}_{21} + \mathbf{f}_{23} + \dots + \mathbf{f}_{2N} + \mathbf{F}_2,$$

.....

$$\frac{d}{dt} m_N \mathbf{v}_N = \mathbf{f}_{N1} + \mathbf{f}_{N2} + \dots + \mathbf{f}_{NN-1} + \mathbf{F}_N.$$

Сумма внутренних сил, действующих на точки системы, будет равна нулю, так как по III закону классической механики:

$$\mathbf{f}_{ik} = -\mathbf{f}_{ki}$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{d}{dt} m_i \mathbf{v}_i = \sum_{i=1}^N \mathbf{F}_i \quad \longrightarrow$$

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \sum_{i=1}^N \mathbf{F}_i$$

Закон сохранения импульса

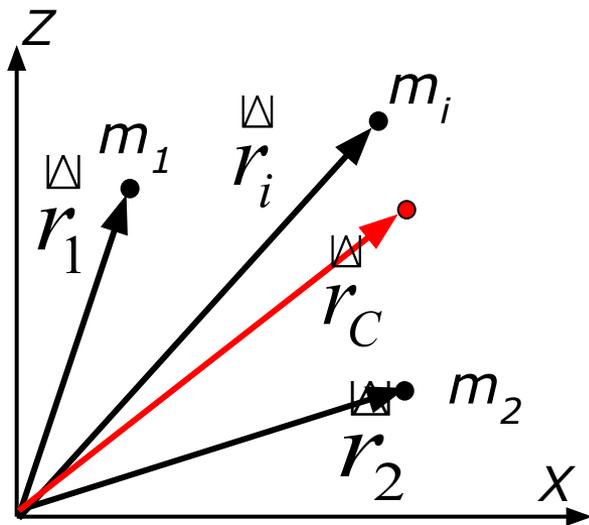
Система называется **замкнутой**, если на нее не действуют внешние тела, т.е.

$$\overset{\sphericalangle}{F}_i = 0$$

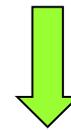
Закон сохранения импульса системы точек:
импульс замкнутой системы остается величиной постоянной при любых взаимодействиях между точками системы

$$\frac{d\overset{\sphericalangle}{p}}{dt} = 0 \quad \longrightarrow \quad d\overset{\sphericalangle}{p} = 0 \quad \longrightarrow \quad \overset{\sphericalangle}{p} = \text{const}$$

Центр масс системы



Положение центра масс системы в данной системе отсчета



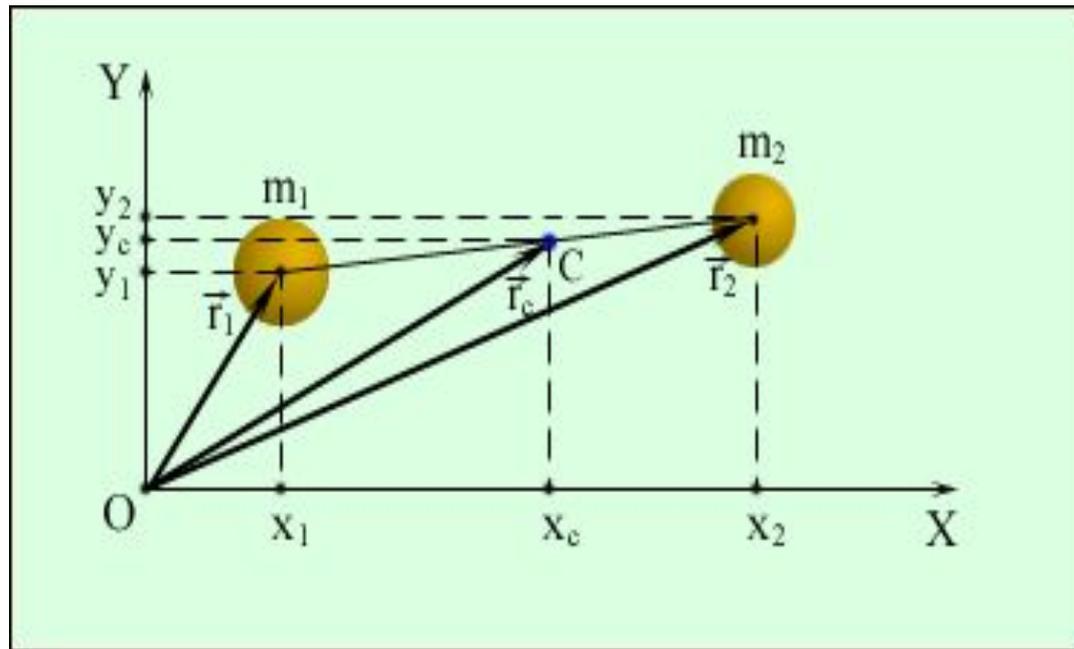
$$\vec{r}_C = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{r}_i m_i}{M}$$

m_i - масса i -той точки

M - масса системы

\vec{r}_i - радиус-вектор i -той точки

Определение центра масс С системы из двух точек



Векторная
форма:

$$\vec{r}_C = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2}{m_1 + m_2}$$

$$x_C = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}; \quad y_C = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2}$$

- координатная форма

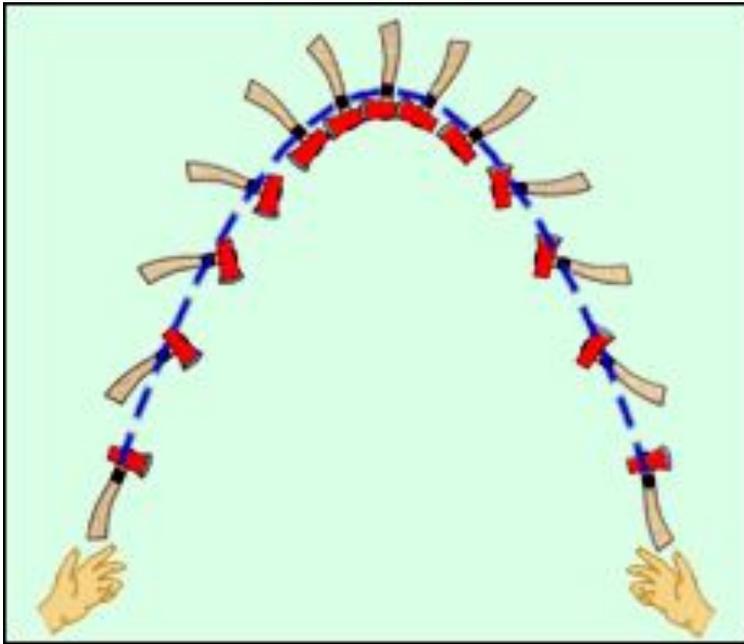
Закон движения центра масс

$$\vec{v}_c = \frac{d}{dt} \left(\frac{\sum_{i=1}^N \vec{r}_i m_i}{M} \right) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i \frac{d\vec{r}_i}{dt} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{v}_i m_i}{M} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{p}_i}{M} = \frac{\vec{p}_c}{M}$$

\vec{P}_c - импульс системы  $\vec{p}_c = M\vec{v}_c$

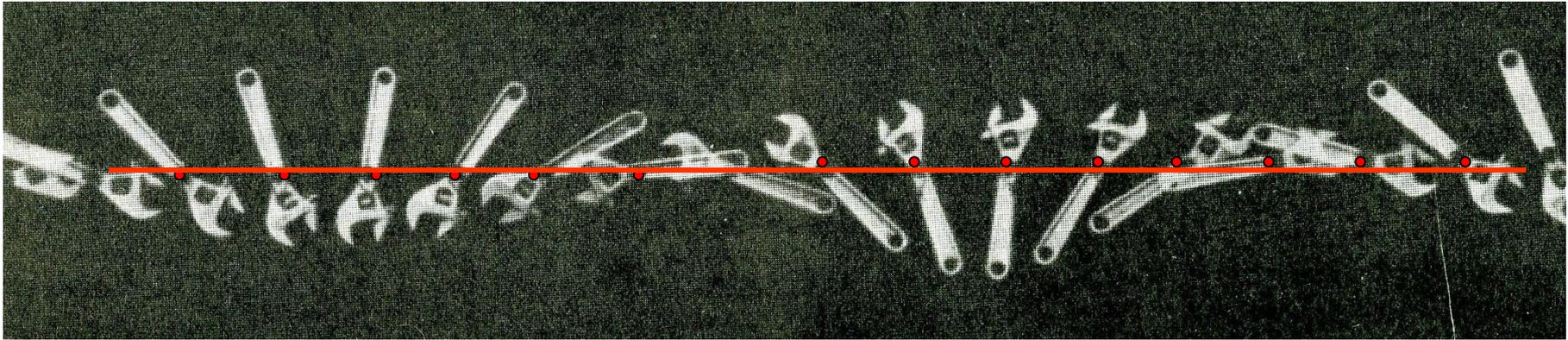
Скорость центра масс замкнутой системы остается величиной постоянной, т.е. **центр масс замкнутой системы движется прямолинейно равномерно.** Центр масс иногда называют центром инерции

Иллюстрация закона движения центра масс системы



Центр масс тела движется по параболической траектории; все другие точки движутся по более сложным траекториям.

Иллюстрация закона движения центра масс системы



Стробоскопическая фотография движения гаечного ключа, скользящего по гладкой поверхности и вращающегося вокруг своего центра масс.

Красной точкой обозначен центр масс тела.