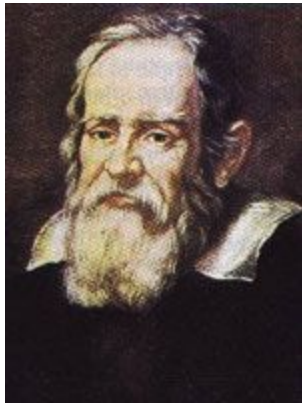


# ДИНАМИКА

Галилео Галилей (1564 - 1642)



## Исаак НЬЮТОН (1643–1727)



Надгробие на могиле Ньютонa

## ЗАКОНЫ НЬЮТОНА

Рассмотрим две системы отсчета, движущиеся друг относительно друга с некоторым ускорением. Если относительно одной из них тело покоится, то относительно другой оно, очевидно, будет двигаться с ускорением.

Система отсчета, относительно которой выполняется первый закон Ньютона называется инерциальной.

**1 закон Ньютона:** Всякое тело находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока воздействие со стороны других тел не выведет его из этого состояния

Сила - векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия одного тела на другое.

$$[F] = 1\text{Н}$$

Масса - скалярная физическая величина, являющаяся мерой инертности тела

$$[m] = 1\text{кг}$$

**2 закон Ньютона:** Ускорение, приобретаемое телом относительно инерциальной системы отсчета, прямо пропорционально действующей на него силе, обратно пропорционально массе тела и совпадает по направлению с силой

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots \quad \text{- равнодействующая всех сил, действующих на тело}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \rightarrow \quad m\vec{a} = \vec{F} \quad \text{Подставим} \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \quad \rightarrow \quad \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}$$

Обозначим:  $m\vec{v} = \vec{p}$  - импульс тела  $[p] = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$

$$\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F} \quad \rightarrow \quad \boxed{\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}} \quad d\vec{p} = \vec{F} \cdot dt$$

**3 закон Ньютона:** Силы, с которыми действуют друг на друга взаимодействующие тела, равны по модулю и противоположны по направлению.

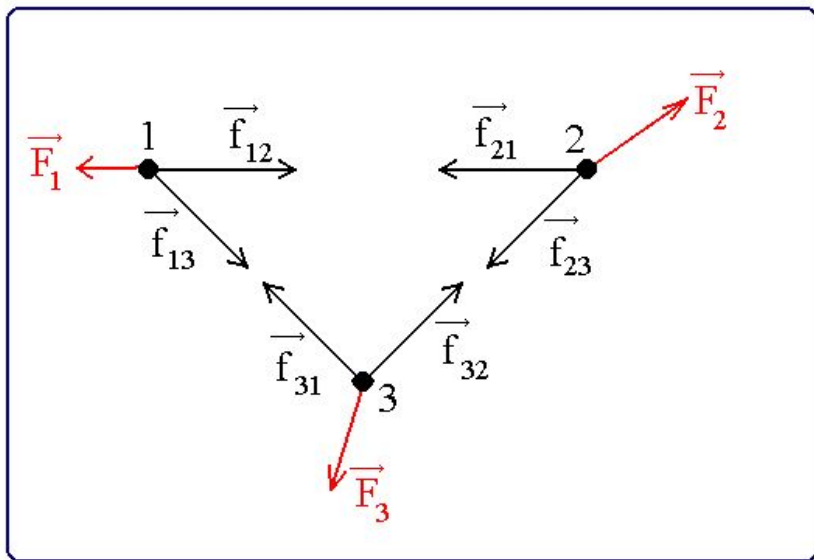
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (F_{12} = F_{21})$$

## ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Механическая система называется *замкнутой* или *изолированной*, если на нее не действуют внешние силы (система не обменивается с внешними телами энергией).

Система называется *незамкнутой*, если на неё действуют нескомпенсированные внешние силы.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из  $n$  тел.



$\vec{f}_{ij}$  – внутренние силы

$\vec{F}_i$  – равнодействующая  
внешних сил,  
действующих на  $i$ -е тело



Запишем для каждого тела второй закон Ньютона:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\vec{p}_1}{dt} = \vec{f}_{12} + \vec{f}_{13} + \dots + \vec{f}_{1n} + \vec{F}_1 \\ \frac{d\vec{p}_2}{dt} = \vec{f}_{21} + \vec{f}_{23} + \dots + \vec{f}_{2n} + \vec{F}_2 \\ \dots \\ \frac{d\vec{p}_n}{dt} = \vec{f}_{n1} + \vec{f}_{n2} + \dots + \vec{f}_{n,n-1} + \vec{F}_n \end{array} \right.$$

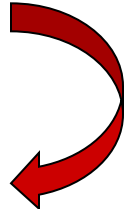
$$\frac{d(\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n)}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Сумма внутренних сил системы тел равна нулю.  
По третьему закону Ньютона  $\vec{f}_{ij} = -\vec{f}_{ji}$

$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$  - полный импульс системы тел

$\vec{F}_{\text{внешн.}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$  - равнодействующая внешних сил,  
действующих на тела системы

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}_{\text{внешн.}}$$

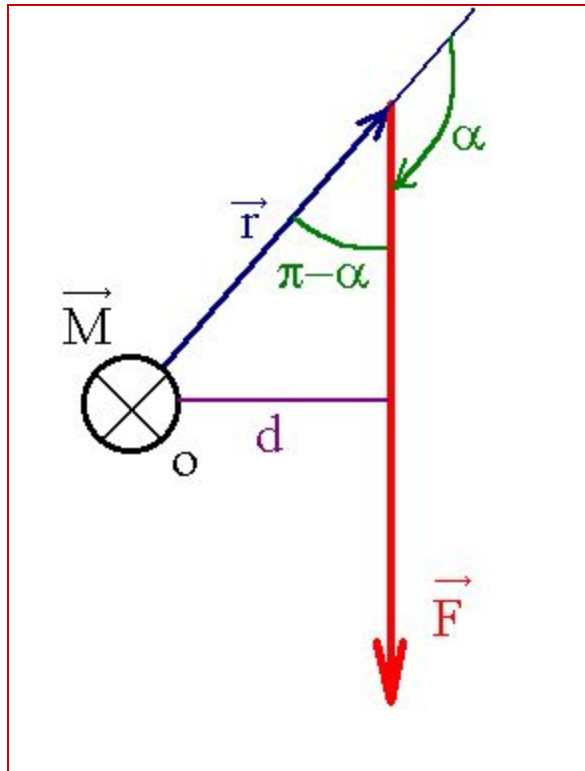
Если система замкнута, то:  $\begin{cases} \vec{F}_{\text{внешн.}} = 0 \\ \frac{d\vec{p}}{dt} = 0 \quad (\vec{p} = \text{const}) \end{cases}$  

Закон сохранения импульса: **Полный импульс замкнутой системы тел остается постоянным.**

В частном случае: если  $F_{\text{внешн. (x)}} = 0$ , то  $p_x = \text{const}$ .

# МОМЕНТ СИЛЫ

## Момент силы относительно точки



Моментом силы относительно некоторой точки  $O$  называется векторное произведение радиус-вектора проведенного из точки  $O$  в точку приложения силы, на вектор силы  $F$  :

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}]$$

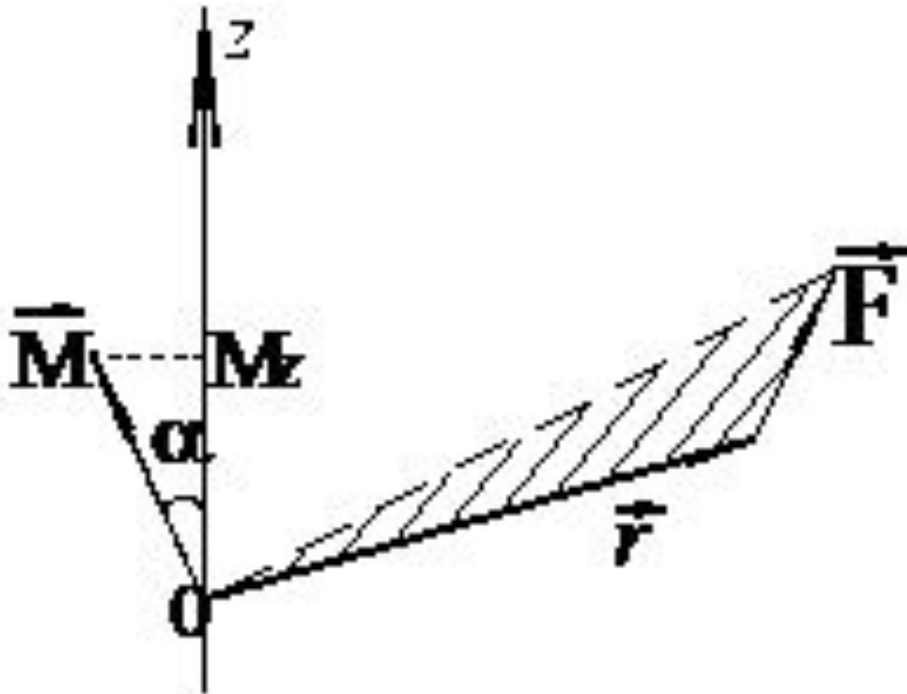
$$M = r \cdot F \cdot \sin \alpha$$

$$[M] = 1$$

$$r \cdot \sin \alpha = d$$

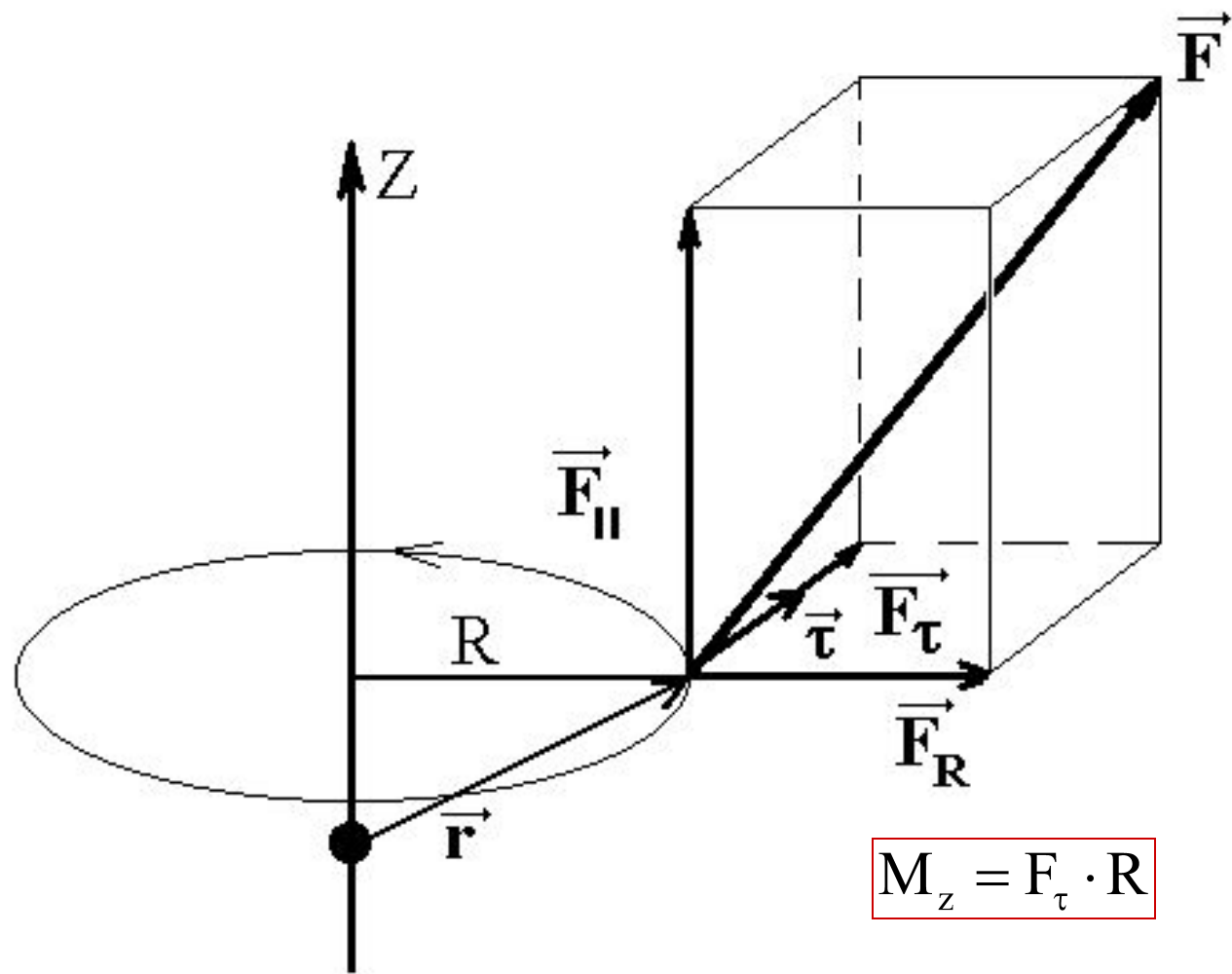
$$M = F \cdot d$$

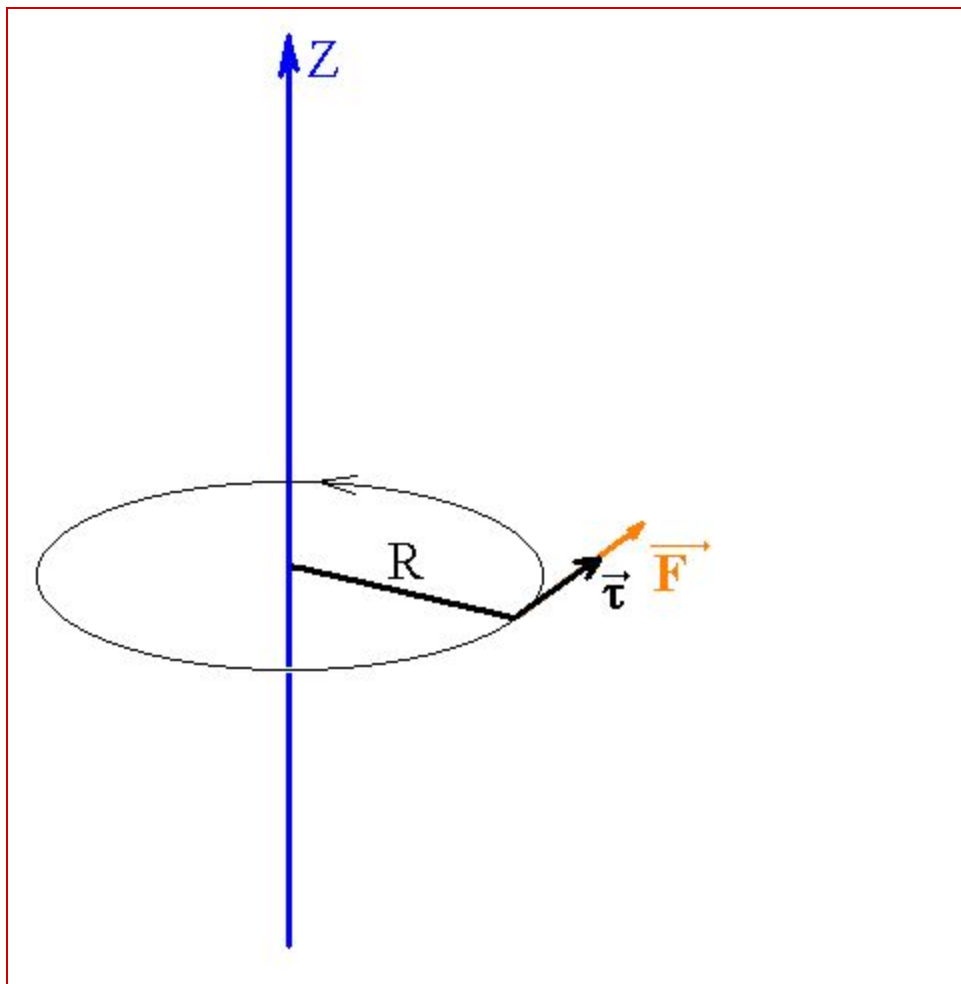
## Момент силы относительно оси



Моментом силы относительно некоторой оси  $Z$  называется проекция момента силы относительно любой точки, взятой на данной оси, на эту ось  $Z$ :

$$M_z = \left[ \overset{\boxtimes}{\mathbf{r}}, \overset{\boxtimes}{\mathbf{F}} \right]_z$$





Если сила  
перпендикулярна оси, то:

$$M_z = F \cdot R$$