

# Теоретическая механика

- Все явления природы представляют собой движение различных форм материи.
- **Материя**- это то, что, действуя на наши органы чувств, вызывает ощущения.
- Предметом теоретической механики являются **материальные тела**, представленные своими простейшими моделями и рассматриваемые в связи с изменениями их взаимного расположения в пространстве и времени.
- Такое «внешнее» движение моделей тел, рассматриваемое в отвлечении от «внутренних», молекулярных, атомных и других скрытых движений материи в действительных телах, называют **механическим движением** и противопоставляют общим движениям материи (тепловым, электрическим, магнитным и др.), изучаемым в физике.

По мере углубления наших знаний выявляются границы применимости теор.механики:

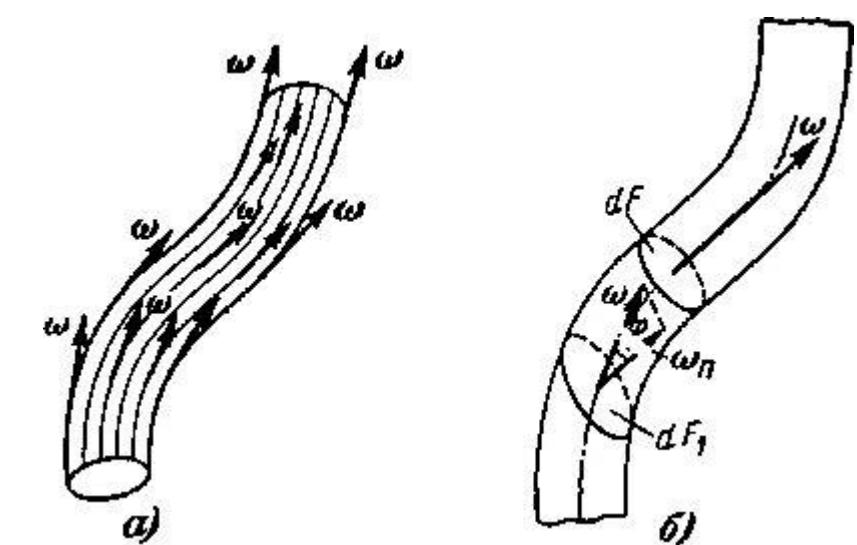
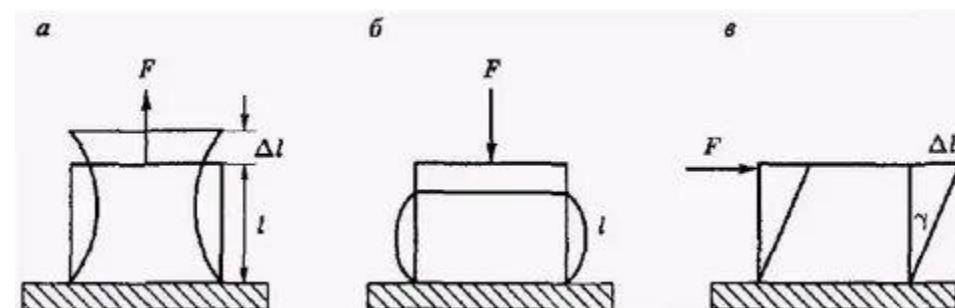
- Для материальных тел, скорости которых близки к скорости света, вместо классической механики

следует применять механику спец.теории относительности

- Для элементарных частиц следует применять квантовую механику

Теоретическая механика является основой для множества наук, в которых к законам механики добавляются другие:

- В сопротивлении материалов и теории упругости учитывается деформация тел и связь деформаций с силами
- В гидродинамике учитывается скорость деформации и связь скорости деформаций с силами
- В газовой динамике – учитывается сжимаемость газа

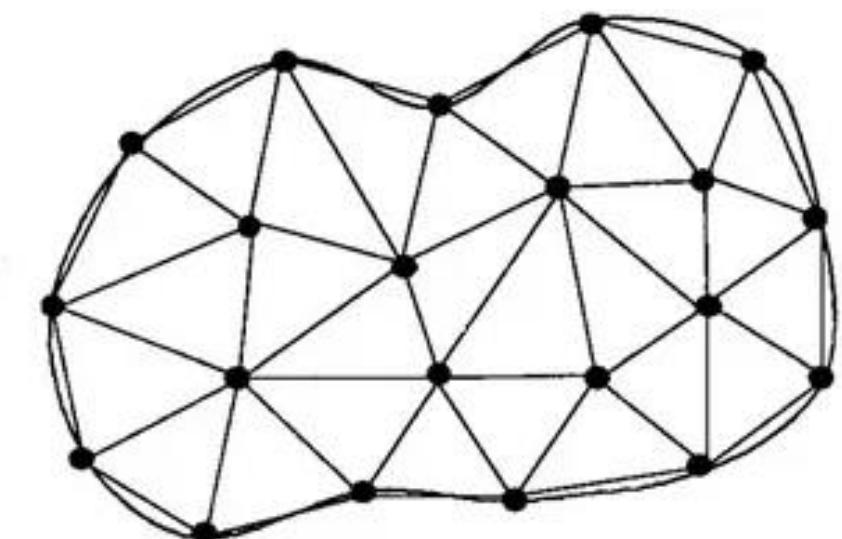


# Модели материальных тел

- Материальная точка и система материальных точек
- Сплошная среда, в частности, абсолютно твердое тело и деформируемое твердое тело

**Материальная точка** – тело, размерами которого можно пренебречь

**Абсолютно твердое тело** – это неизменяемая система, в которой вещество непрерывно заполняет некоторую часть пространства



Теоретическая механика делится на кинематику и кинетику;  
кинетика далее разделяется на статику и динамику.



# Краткие определения

**Кинематика** — изучает законы движения независимо от причин, его вызывающих;

**Кинетика** — законы движения с учётом причин (сил).

**Статика** — условия равновесия материальных тел, находящихся под действием заданной совокупности сил

**Динамика** — изучает само движение

## Основные понятия механики:

- 1) Пространство
  - Трехмерность
  - Однородность
  - Изотропность
  - Непрерывность
  - Открытость
  - Бесконечность
- 2) Время
- 3) Масса
  - Количество вещества
  - Степень инертности
  - Сила тяжести

# Статика

Сила — причина изменения движения.

Сила — векторная величина, характеризуется: линией действия, точкой приложения, величиной (модулем) и направлением.

Единица в СИ — ньютон (Н).

Совокупность всех сил, приложенных к телу, образует систему сил  $S$ .

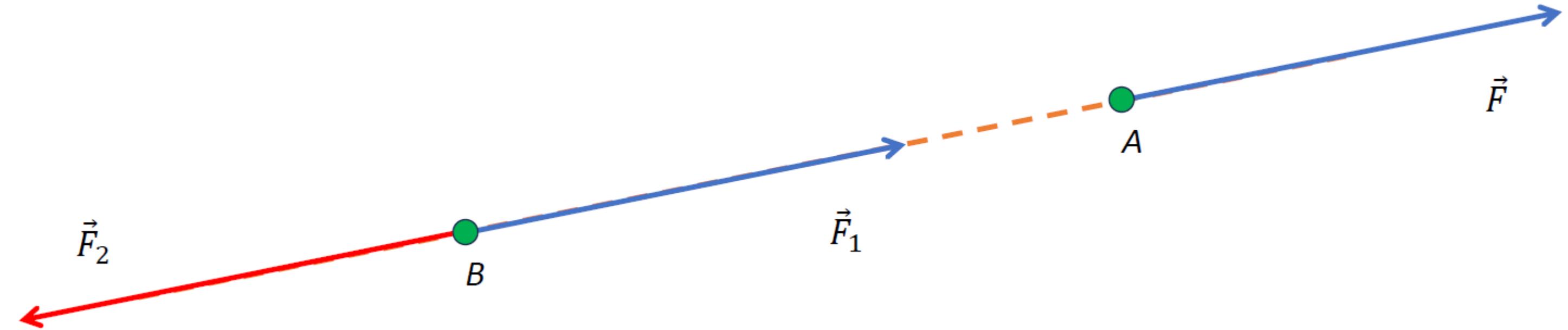
Пусть  $S = (F_1, F_2, \dots, F_n)$ .

Разворот каждой силы на  $180^\circ$  даёт противоположную систему  $-S = (-F_1, -F_2, \dots, -F_n)$ .

Если система сил не вызывает изменения движения (сохраняет покой или равновесие), её называют статически эквивалентной нулю:  $S \sim 0$ .

Если  $(S, -\hat{S}) \sim 0$ , то  $S$  статически эквивалентна  $\hat{S}$ :  $S \sim \hat{S}$ .

Эти определения формируют основу операций с системами сил.



## Свойство скользящего вектора силы

Любая сила — скользящий вектор: её можно переносить вдоль линии действия без изменения эффекта.

Если существуют равные по модулю и направленные параллельно силы  $F_1$  и  $F_2$ , то  $(F_1, F_2) \sim 0$  при соответствующем расположении.

В результате переносов и введения дополнительных равных сил можно показать эквивалентность одиночной силы с набором сдвинутых векторов:  $(F) \sim (F, F_1, F_2) \sim (F_1)$ .

# Равнодействующая и уравновешивающая сила

Если система сил  $S$  эквивалентна одной силе  $R$  ( $S \sim R$ ), говорят, что у системы есть равнодействующая сила  $R$ . Сила  $-R$  называется уравновешивающей, поскольку  $(S, -R) \sim 0$ . Равнодействующая замещает систему сил при рассмотрении их суммарного влияния на тело.

## Аксиомы статики

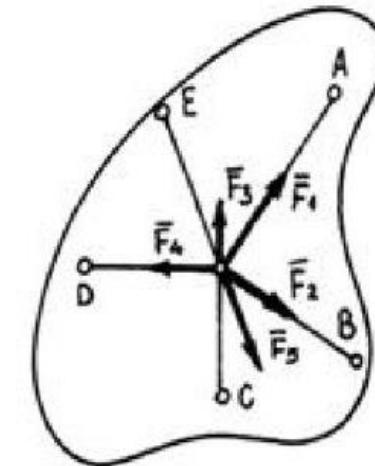
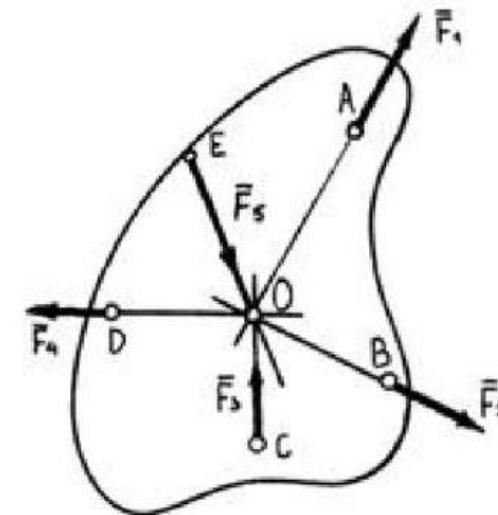
Статика строится на аксиомах:

- 1) Если приложенные в одной точке, вдоль одной прямой силы  $F_1$  и  $F_2$  равны по модулю и противоположны по направлению  $\Rightarrow (F_1, F_2) \sim 0$ .
- 2) Если силы приложены в разных точках, но вдоль одной прямой, равны и противоположны, то так же  $(F_1, F_2) \sim 0$ .
- 3) Для двух сил, приложенных в одной точке, справедливо:  $(F_1, F_2) \sim R$  — их система имеет равнодействующую  $R$ .

# Основные задачи статики

Две главные задачи: привести систему сил к простейшему виду и установить условия равновесия.

Рассмотрим различные случаи, к которым сводятся задачи статики:



1) Система сходящихся сил — когда линии действия всех сил проходят через одну точку.

Для такой системы равнодействующая  $R$  равна сумме векторов:

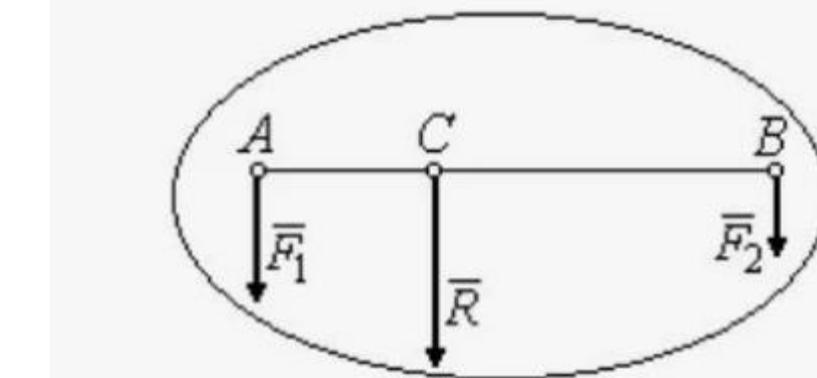
$$R = \sum F_i.$$

$$R = F_1 + F_2$$

$$\frac{AC}{F_2} = \frac{BC}{F_1} = \frac{AB}{R}$$

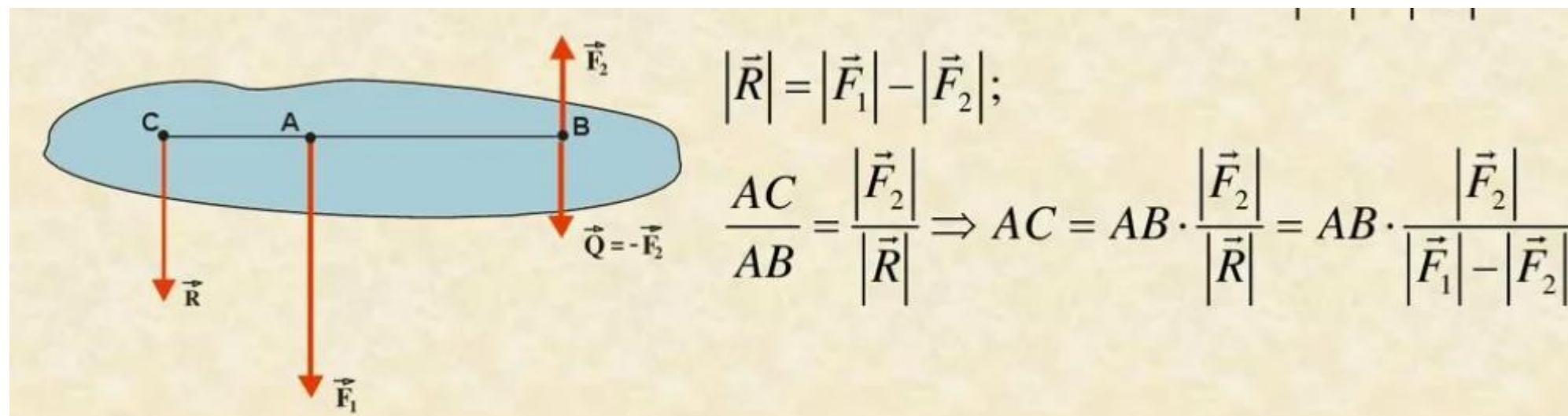
2) Силы параллельны и направлены в одну сторону.

Равнодействующая параллельна им, величина — алгебраическая сумма, линия действия делит расстояние обратно пропорционально величинам сил.

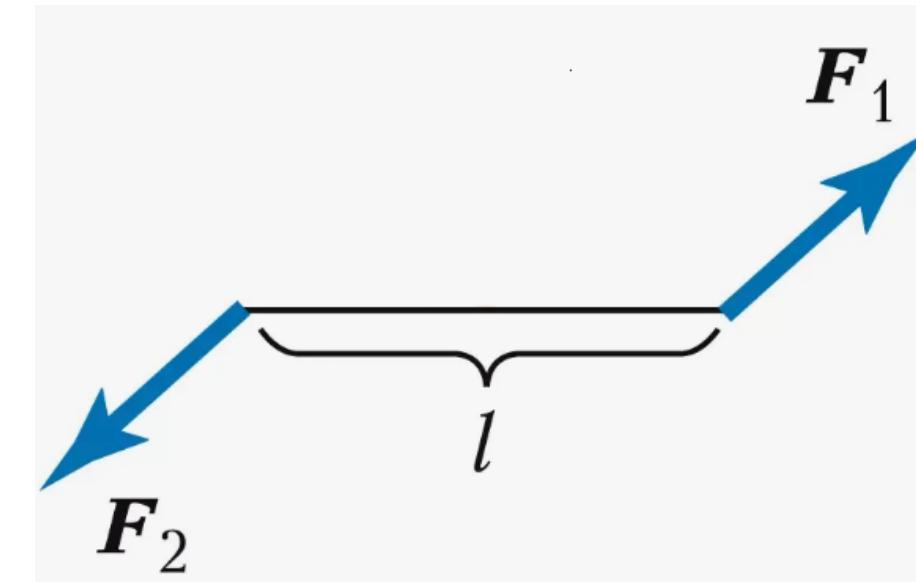


3) Для параллельных сил в противоположных направлениях равнодействующая равна разности и направлена в сторону большей силы.

Случай, если  $F_1 \neq F_2$



4) Если силы параллельны, направлены в противоположные стороны и равны по модулю – это **пара сил**



# Пара сил – определение и свойства

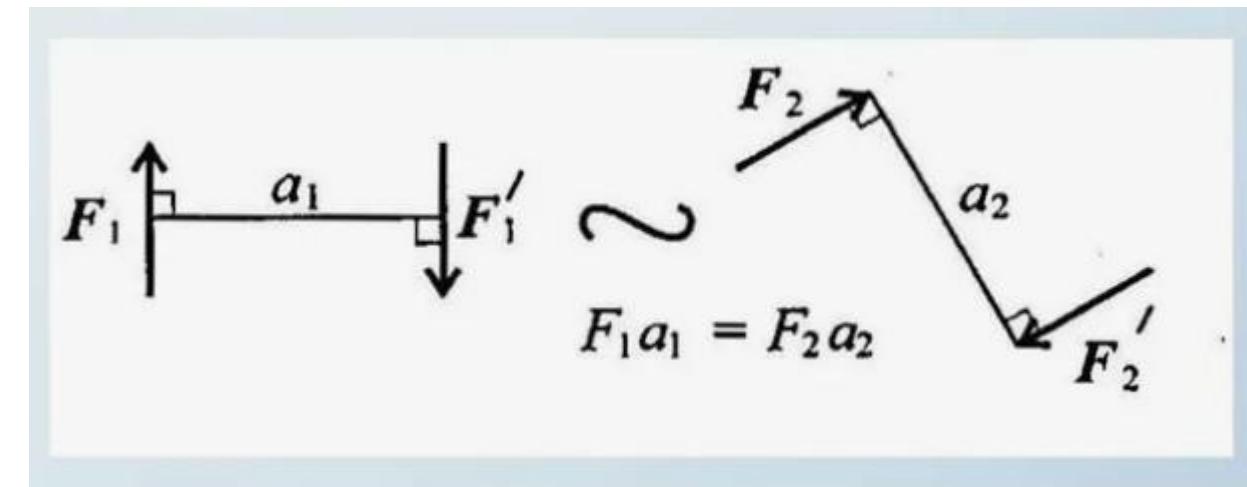
Пара сил задана: плоскостью, двумя параллельными линиями действия (с расстоянием между ними) и указанием силы на одной линии.

Линии можно переносить параллельно, поворачивать или переносить в параллельные плоскости при условии сохранения произведения силы на расстояние:  $|F| \cdot d = \text{const}$ . Эти преобразования не изменяют механического эффекта пары сил.

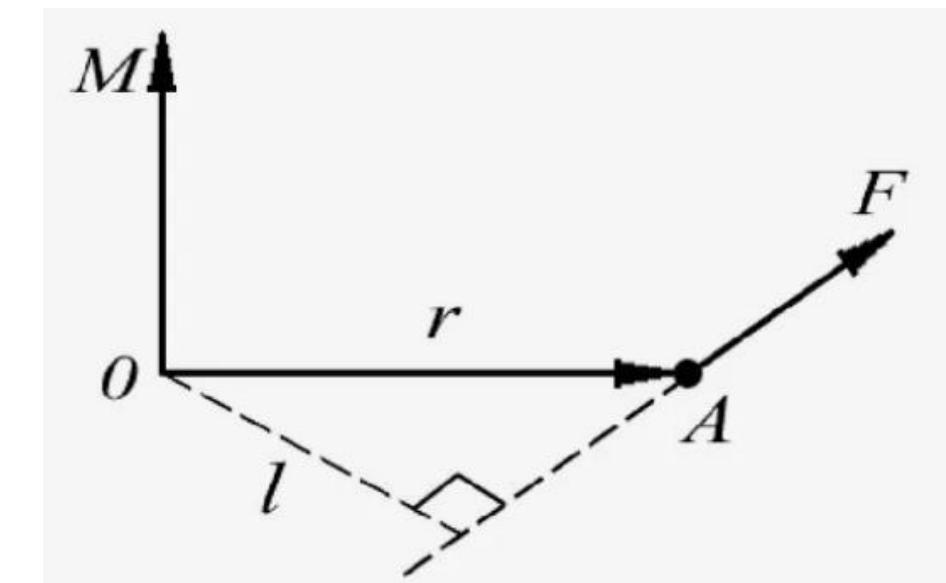
## Момент силы

Момент силы — векторное произведение радиус-вектора точки приложения силы на саму силу:  $M = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ .

Момент характеризует вращающее действие силы относительно выбранной точки (или оси) и зависит от положения точки приложения и направления силы. Это ключевая величина при анализе вращательного эффекта сил.



$$\vec{M} = [\vec{r} \times \vec{F}]$$
$$|\vec{M}| = rF \sin \alpha = F \cdot \ell$$

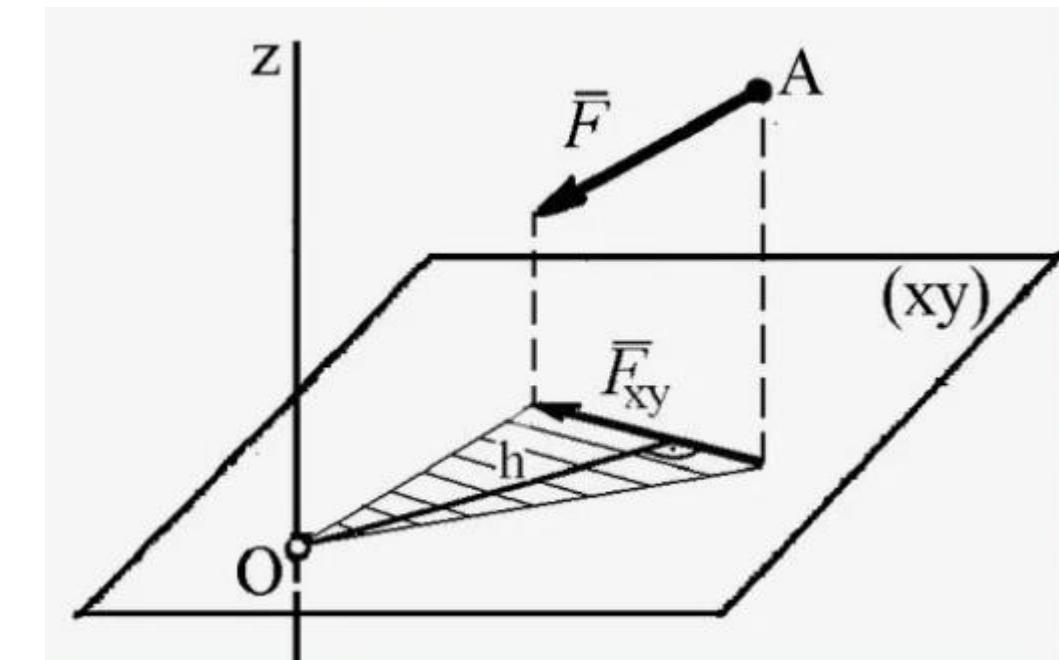
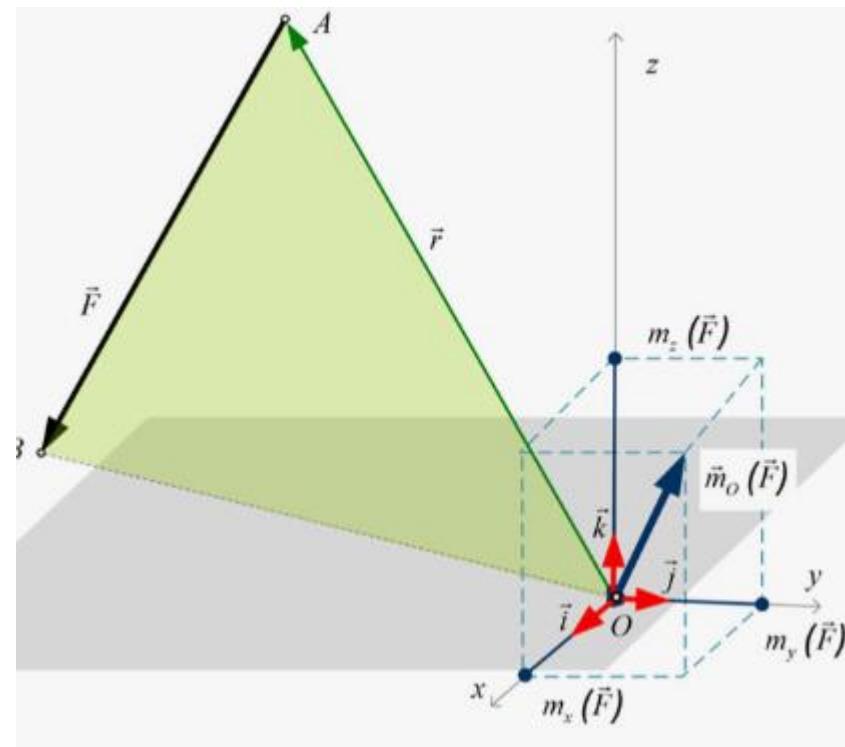


# Момент пары сил

Момент пары сил — сумма моментов каждой силы относительно произвольного центра

## Момент силы относительно оси

- это проекция момента силы относительно произвольной точки оси на эту ось



# Произвольная система сил

Т.1

Силу можно перенести параллельно самой себе, если при этом добавить пару сил, момент которой равен моменту исходной силы относительно новой точки

Т.2

Сумма двух пар есть также пара, момент которой равен сумме моментов исходных пар

Пусть имеем  $\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$  - главный вектор системы сил  $\vec{M} = \sum_{i=1}^n \vec{M}_i$  - Главный момент

Тогда произвольная система сил приводится к одному из случаев:

1. Система находится в равновесии,  $\vec{R} = 0, \vec{M} = 0$
2. Система сводится только к паре,  $\vec{R} = 0, \vec{M} \neq 0$
3. Система сводится к равнодействующей силе,  $\vec{R} \neq 0, \vec{R} \cdot \vec{M} = 0$
4. Система сводится к динаме,  $\vec{R} \neq 0, \vec{R} \cdot \vec{M} \neq 0$

*Инвариантами системы сил называются скалярные или векторные величины, не зависящие от выбора центра приведения*

Любая плоская система сил сводится к случаям 1-3.

Точку, к которой приводят систему сил, называют центром приведения.

Первый инвариант центра приведения- это  $\vec{R}$ , второй –  $\vec{R} \cdot \vec{M} = 0$