

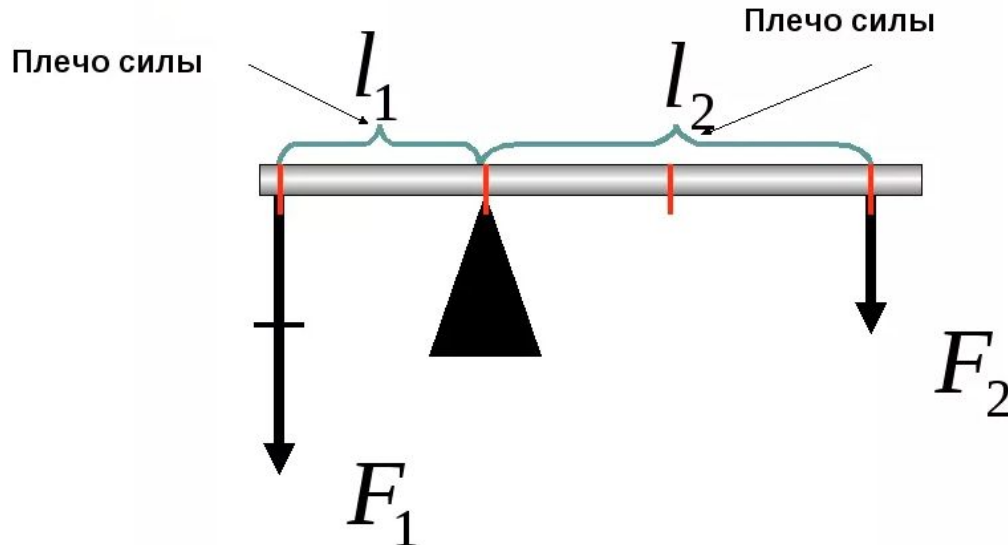
# СТАТИКА

раздел механики, изучающий  
равновесие твёрдых тел

Баланс на перышке: <https://www.youtube.com/watch?v=VHa1r-xbb3k>

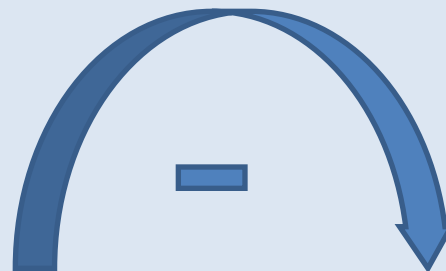
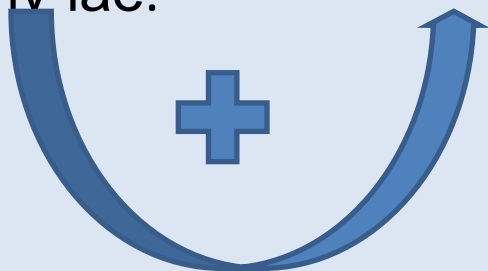
# Понятия и определения

- **Твердое тело** – тело, расстояние между любыми двумя точками которого сохраняется с течением времени.
- **Плечом силы** относительно некоторой оси вращения называется расстояние от оси вращения до линии действия силы.



# Понятия и определения

- **Момент силы ( $M$ )** относительно оси определяется следующим образом:
  - 1) Модуль момента силы равен произведению величины проекции силы на плоскость, перпендикулярную оси вращения, на плечо этой силы.
  - 2) Для определения знака момента силы выбирается положительное направление вращения относительно оси (против часовой стрелки). Знак момента силы положителен, если сила стремится вызвать поворот тела против часовой стрелки, и отрицателен в обратном случае.



# Понятия и определения

- **Равновесие** Состояние твердого тела, в котором все его точки остаются сколь угодно долго неподвижными относительно выбранной инерциальной системы отсчета, называется равновесием.
- **Правило моментов.** Твердое тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к телу сил относительно этой оси равна нулю.
- **Условие равновесие твердого тела.** Равновесие тела достигается при одновременном выполнении двух условий:
  - 1) Векторная сумма всех сил, приложенных к телу, равна нулю.
  - 2) Алгебраическая сумма моментов всех сил, приложенных к телу относительно любой оси, равна нулю.

# Виды положений равновесия

Положение равновесия системы называется **устойчивым**, если при отклонении любого тела системы от этого положения возникают силы, направленные к этому положению.

Положение равновесия называется **неустойчивым**, если при отклонении любого тела системы от этого положения возникают силы, удаляющие тела системы от равновесия.

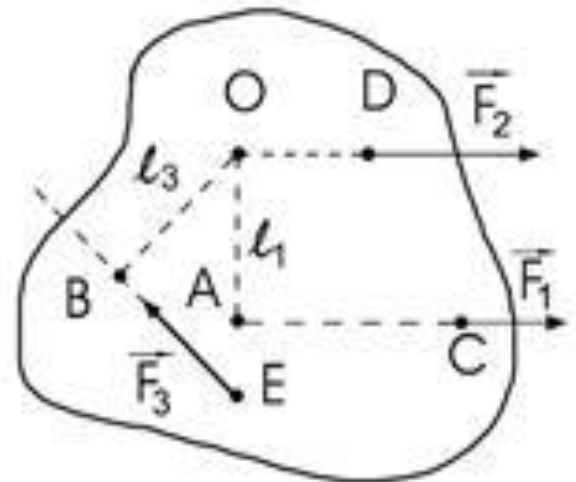
Равновесие системы называется **безразличным**, если существует область отклонений от положения равновесия, в которой смещение любого тела системы не вызывает сил, изменяющих состояние системы.

# Силы

**Сила**  $\vec{F}$  – это количественная мера взаимодействия тел. Сила является причиной изменения скорости тела. В механике Ньютона силы могут иметь различную физическую природу: сила трения, сила тяжести, упругая сила и др. Сила является **векторной величиной**. В СИ измеряется в  $1 \text{ Н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$ . :  $[F] = \text{Н}$ , причем

**Сила определяется:**

- своей величиной (модулем);
- направлением в пространстве;
- точкой приложения.



# Силы

При изображении силы на рисунке во избежание путаницы следует указывать точку приложения силы. Вектор силы изображается от того тела, к которому сила приложена (на которое действует).

Векторная сумма всех сил, действующих на тело, называется **равнодействующей силой**

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

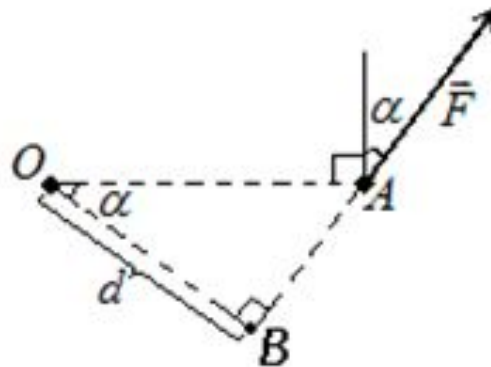
Если на тело действуют несколько сил, то часто удобно для упрощения заменять их одной эквивалентной (равнодействующей), которая оказывает на тело такое же влияние, как и множество отдельных сил.

# Момент силы

## Определение

Моментом  $M$  силы  $\vec{F}$  относительно точки  $O$  называется произведение модуля силы  $F$  на ее плечо  $d$ , где плечо  $d$  — расстояние от точки  $O$  до линии  $AB$  действия силы  $\vec{F}$ :

$$M = F \cdot d.$$



Отметим, что если точка  $O$  лежит на линии действия силы, то момент этой силы относительно точки  $O$  равен нулю. Точку  $O$  обычно называют **полюсом**.

Рассмотрим силу  $\vec{F}$ , приложенную к некоторой точке  $A$ .

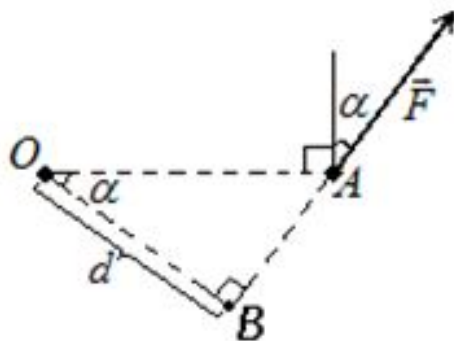


# Момент силы

## Определение

Моментом  $M$  силы  $\vec{F}$  относительно точки  $O$  называется произведение модуля силы  $\vec{F}$  на ее плечо  $d$ , где плечо  $d$  – расстояние от точки  $O$  до линии  $AB$  действия силы  $\vec{F}$ :

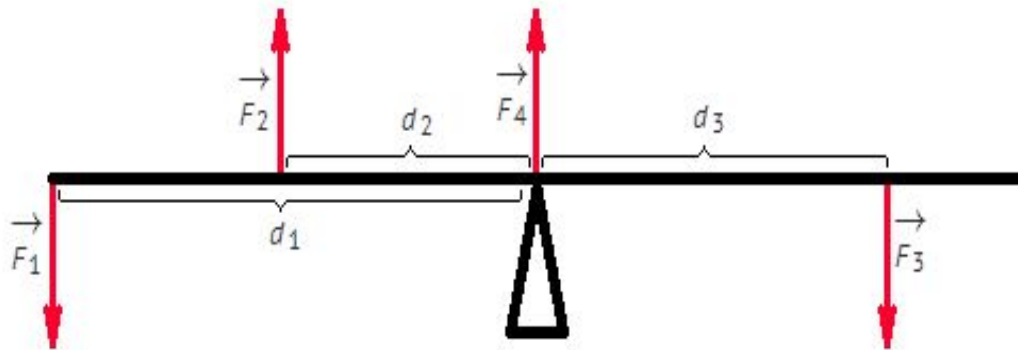
$$M = F \cdot d, \text{ где } F = |\vec{F}| \text{ и } d = OA \cdot \cos \alpha.$$



# Правило МОМЕНТОВ (на примере рычага)

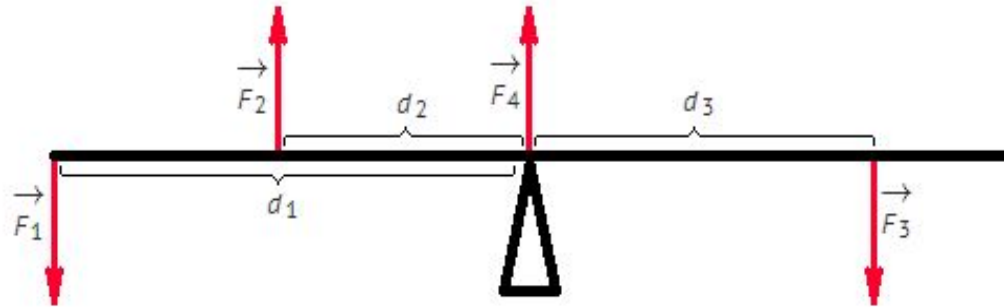
**Рычаг** - это твердое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной опоры.

Пусть на рычаг действует три силы  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  так, как показано на рисунке. Из-за действия этих трех сил возникнет еще одна в точке опоры. Это сила  $\vec{F}_4$ .



Правило рычага: [https://www.youtube.com/watch?v=2RPuG362\\_ml](https://www.youtube.com/watch?v=2RPuG362_ml)

# Правило моментов (на примере рычага)



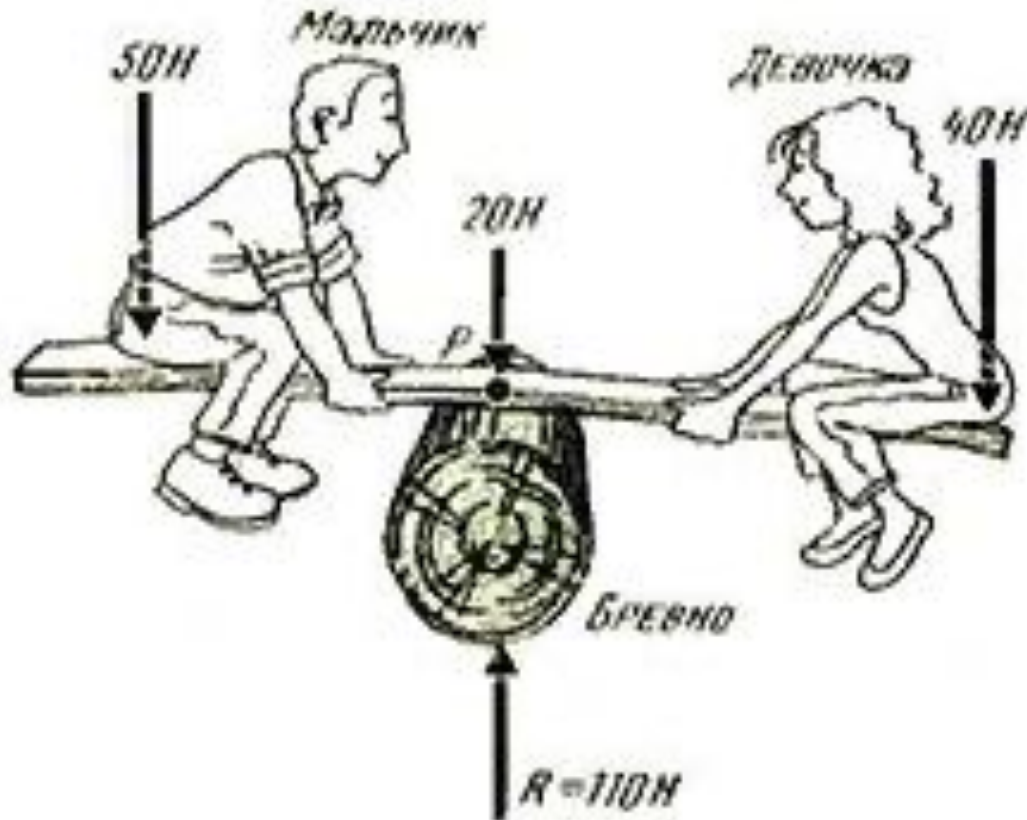
Правило моментов утверждает, что если рычаг находится в равновесии (не вращается), то сумма моментов сил, поворачивающих рычаг против часовой стрелки, равна сумме моментов сил, поворачивающих рычаг по часовой стрелке. Причем это условие выполняется относительно любой точки (полюса). Запишем правило моментов относительно точки опоры:

$$M_1 = M_2 + M_3,$$

где  $M_1 = F_1 \cdot d_1$ ,  $M_2 = F_2 \cdot d_2$ ,  $M_3 = F_3 \cdot d_3$ , момент  $M_4 = 0$ , так как  $d_4 = 0$ .

Помимо этого, важно отметить, что в равновесии силы, действующие на рычаг, должны компенсировать друг друга, то есть  $F_1 + F_3 = F_2 + F_4$ .

# Правило моментов (на примере рычага)



# Условия равновесия рычага

Сформулируем условия равновесия тела. Если тело находится в равновесии, то одновременно выполняются два условия.

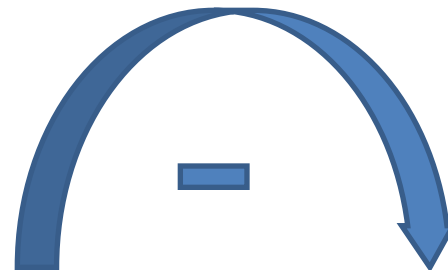
**Первое условие** равновесия тела заключается в том, что векторная сумма всех сил, действующих на тело, равна нулевому вектору:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \vec{0}.$$

**Второе условие** равновесия тела заключается в том, что алгебраическая сумма всех моментов сил, действующих на тело, равна нулю:

$$\pm M_1 \pm M_2 \pm M_3 + \dots = 0,$$

где момент силы пишется со знаком «+», если сила стремится повернуть тело против часовой стрелки, и со знаком «-», если сила стремится повернуть тело по часовой стрелке.



# Центр масс

**Центр масс** – точка, через которую должна проходить линия действия силы, чтобы под действием этой силы тело двигалось поступательно (не вращалось)

Центр масс является точкой, характеризующей распределение масс в данном теле (или в механической системе). Положение центра масс зависит от того, как распределяется по объему тела его масса. Центр масс не обязательно должен находиться в самом теле.

Если направление прямой, вдоль которой действует сила, не проходит через центр масс тела, эта сила вызывает поворот тела. Если тело движется поступательно под действием нескольких сил, значит, точка приложения равнодействующей этих сил находится в центре масс этого тела. При поступательном движении тела все его точки движутся с таким же ускорением, которое получает центр масс этого тела под действием равнодействующей внешних сил. Следовательно, для того чтобы описать поступательное движение тела, необходимо описать движение центра масс этого тела под действием равнодействующей внешних сил.

При движении тела (механической системы) его центр масс движется так же, как двигалась бы под действием равнодействующей внешних сил материальная точка, имеющая массу, равную массе тела (системы). Поэтому когда мы считаем тело материальной точкой, то имеем в виду центр масс данного