

# Статика

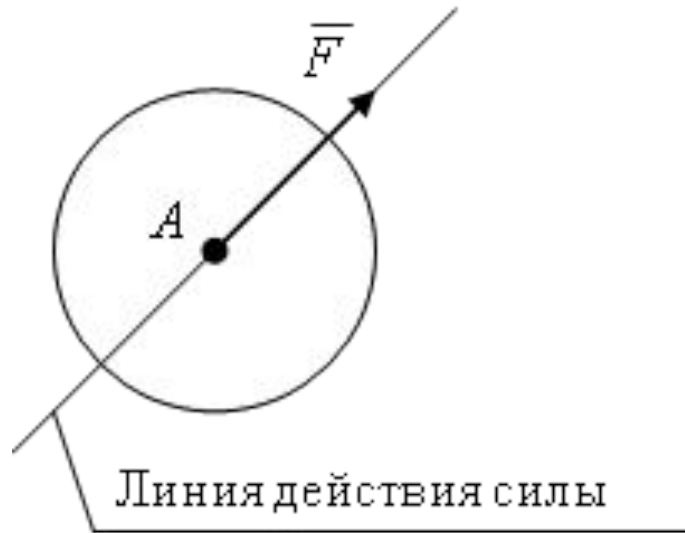
Статика - раздел механики (теоретической механики), изучающий равновесие тел под действием приложенных к нему сил.

## § 1. Основные понятия статики:

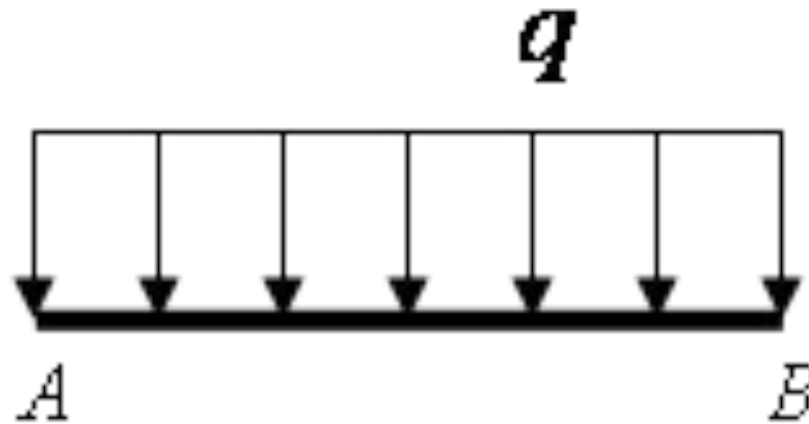
- Абсолютно твердое тело (твердое тело, тело) – материальное тело, расстояние между любыми точками которого, а значит и размеры, и форма, не изменяется.
- Материальная точка – тело, размерами которого по условиям задачи можно пренебречь.
- Свободное тело – тело, на перемещение которого не наложено никаких ограничений.
- Несвободное (связанное) тело – тело, на перемещение которого наложены ограничения (связи).

- Связи - тела, препятствующие перемещению тела, системы тел.
- Механическая система – совокупность взаимосвязанных между собой тел или материальных точек.
- Сила – векторная величина, характеризующая механическое действие одного материального тела на другое.
- Сила как вектор характеризуется точкой приложения, направлением действия и абсолютным значением.

Линия действия силы – прямая, вдоль которой направлен вектор силы.

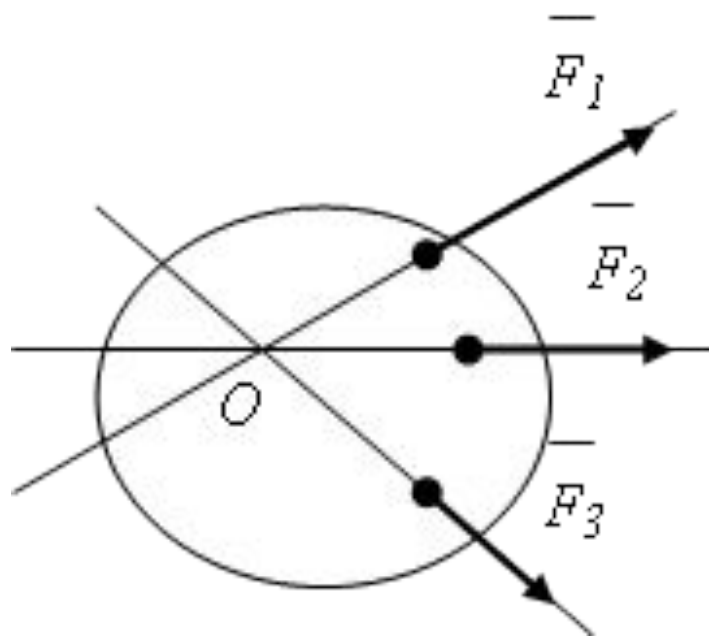


Распределенные силы (распределенная нагрузка) – силы, действующие на все точки объема, поверхности или длины тела.

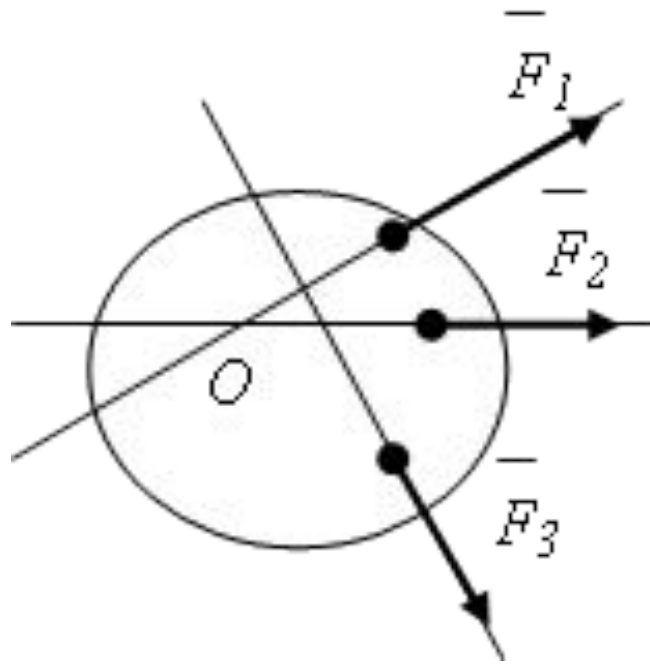


- Внешняя сила – сила, действующая со стороны тела, не принадлежащего рассматриваемой механической системе.
- Внутренняя сила – сила, действующая на материальную точку механической системы со стороны другой материальной точки, принадлежащей рассматриваемой системе.
- Система сил – совокупность сил, действующих на механическую систему.
- Плоская система сил – система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости.
- Пространственная система сил – система сил, линии действия которых не лежат в одной плоскости.

Система сходящихся сил – система сил, линии действия которых пересекаются в одной точке.



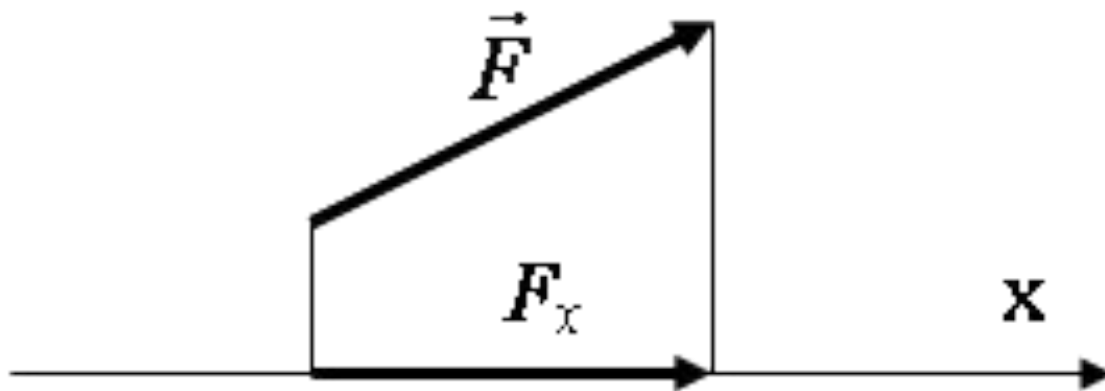
Произвольная система сил – система сил, линии действия которых не пересекаются в одной точке.



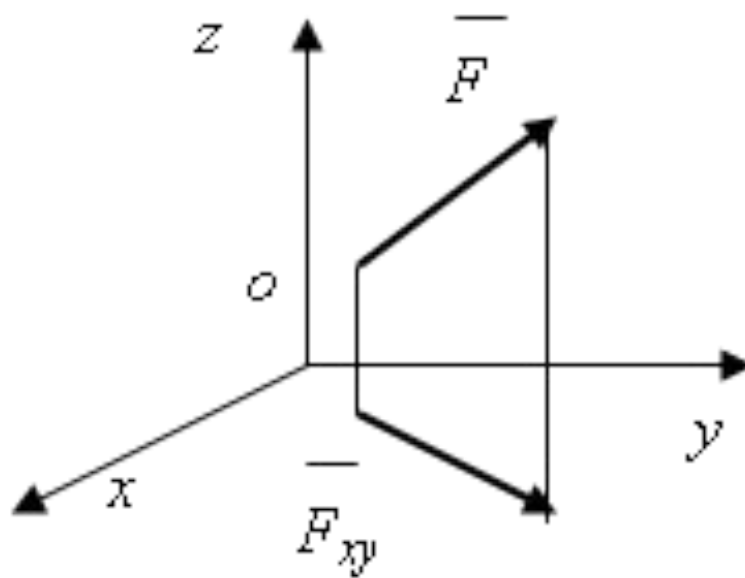


- Равнодействующая сила – сила, действие которой на тело эквивалентно действию системы сил.
- Момент силы – величина, характеризующая вращающую способность силы.
- Пара сил – система двух параллельных равных по модулю противоположно направленных сил.

Проекция силы на ось – отрезок, заключенный между перпендикулярами, проведенными из начала и конца вектора силы к этой оси

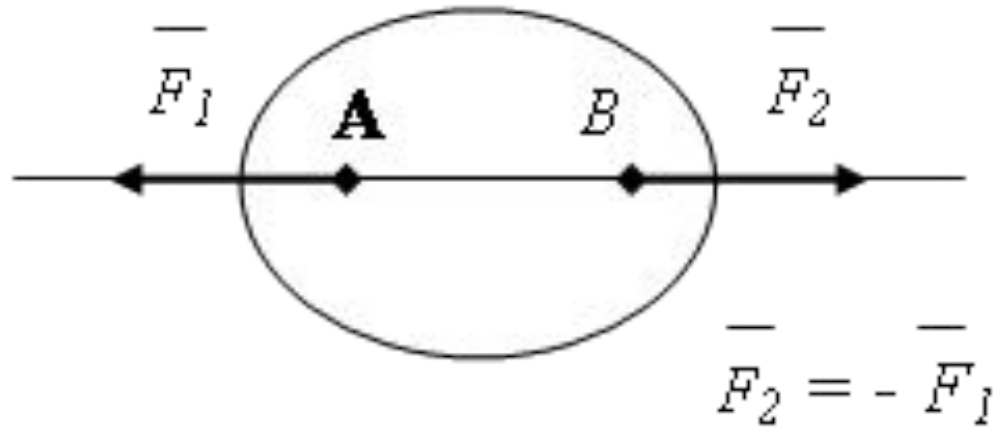


Проекция силы на плоскость – вектор на плоскости, заключенный между перпендикулярами, проведенными из начала и конца вектора силы к этой плоскости.

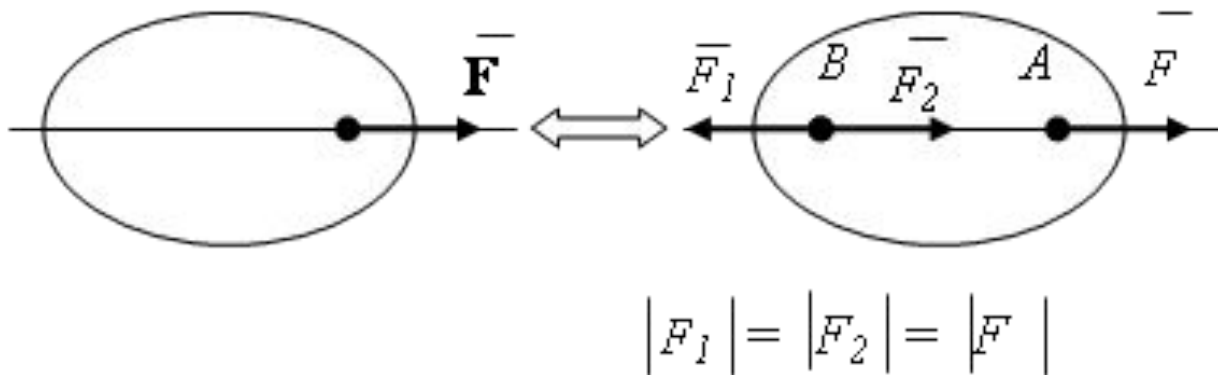


## § 2. Аксиомы статики.

1. Аксиома равновесия. Две силы, действующие на твердое тело, уравниваются, если они равны по модулю и действуют вдоль одной прямой в противоположные стороны



2. Аксиома присоединения. Действие системы сил на твердое тело не изменится, если к ней присоединить или исключить из нее уравновешенную систему сил

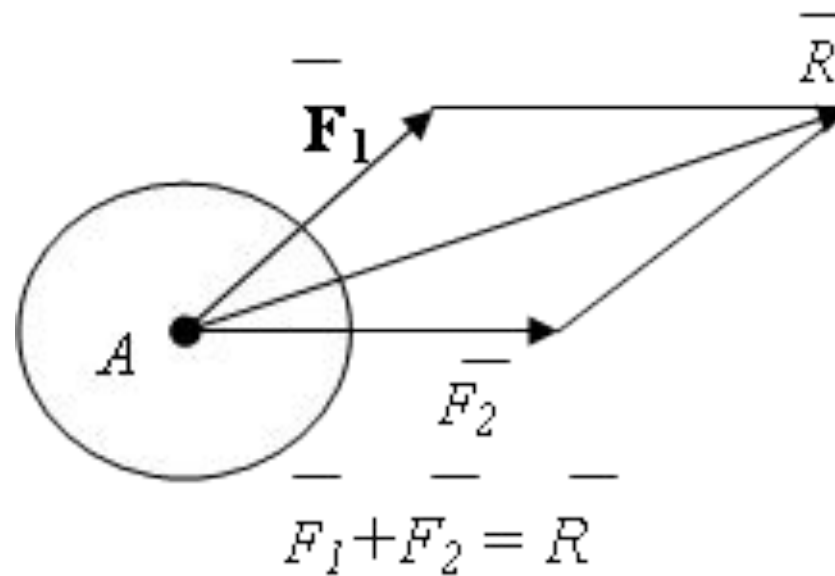


## Следствие аксиомы присоединения:

- Действие силы на тело не изменится, если ее переместить вдоль линии действия.

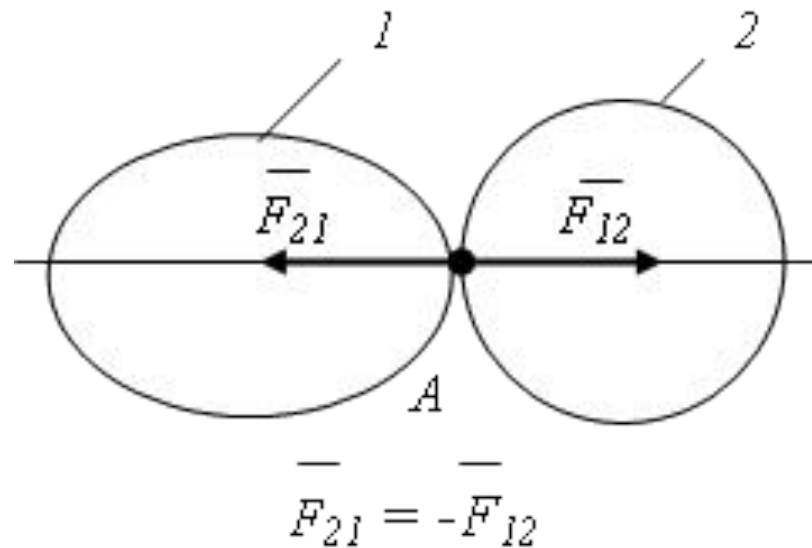
3. Аксиома о параллелограмме сил.

Равнодействующая двух сил, приложенных в одной точке есть вектор, совпадающий с диагональю параллелограмма, построенного на данных силах.





4. Аксиома противодействия. При действии одного твердого тела на другое возникает сила противодействия (реакции), равная по модулю, противоположно направленная.



## 5. Аксиома связей.

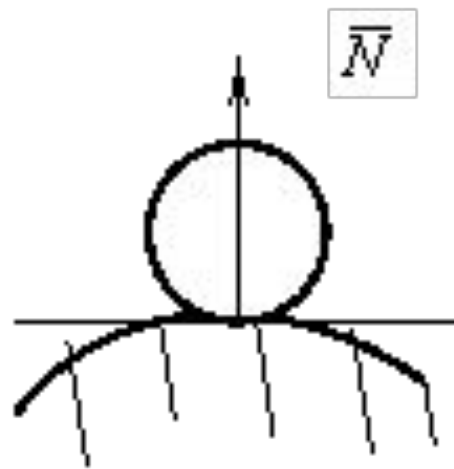
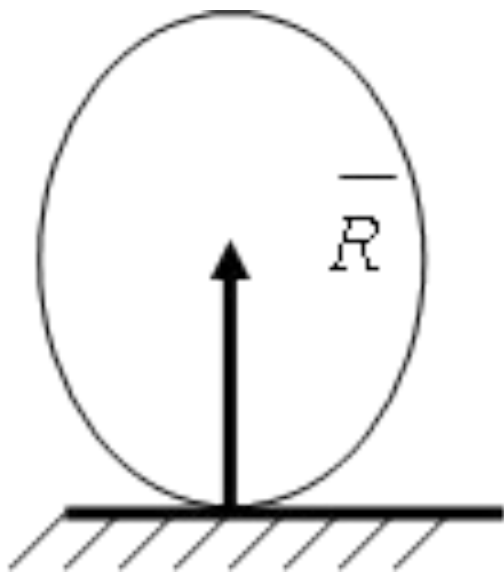
- Всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если его мысленно освободить от связей, заменив их действие соответствующими реакциями.

## § 3. Связи и их реакции

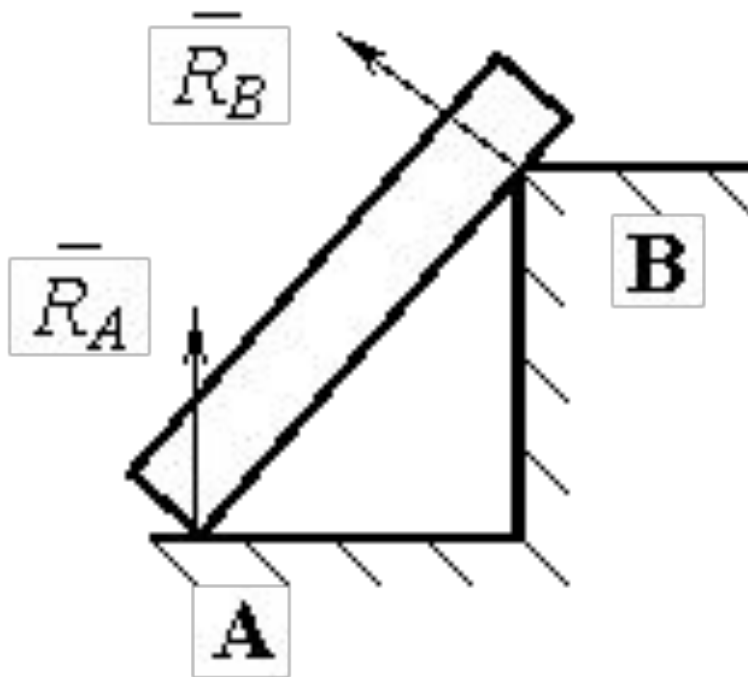
- Связь - тело, препятствующее перемещению объекта.
- Реакция – сила действия связи.

Виды связей:

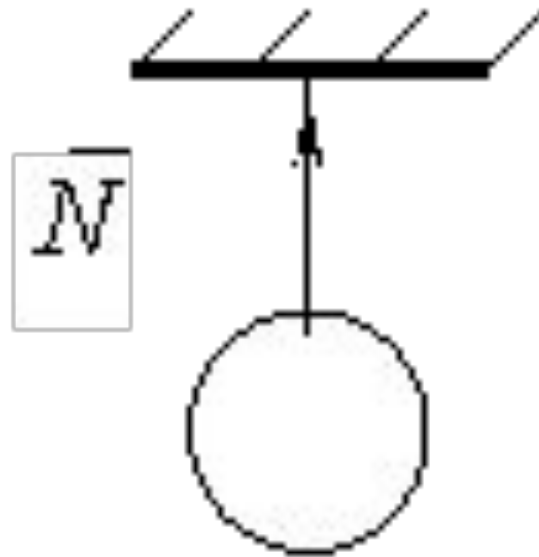
# Гладкая поверхность (при наличии общей нормали)



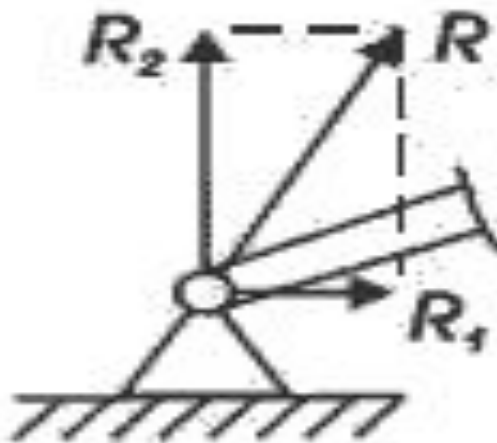
# Гладкая поверхность (при отсутствии общей нормали)



Гибкая связь (реакция - вдоль связи)

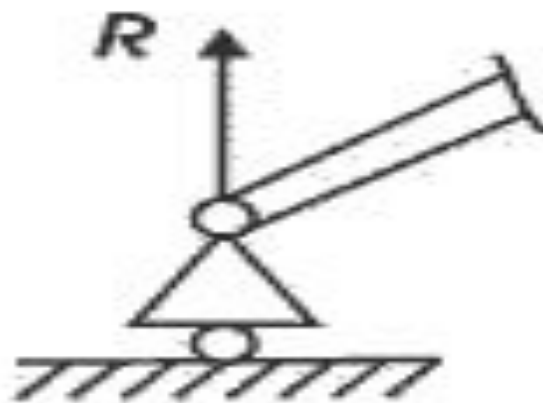


Неподвижная шарнирная опора ( $R$  неизвестно)

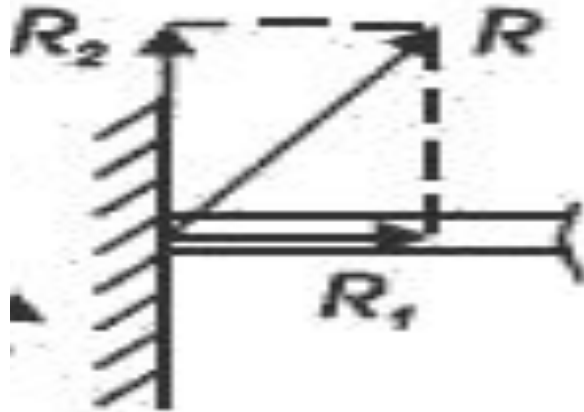




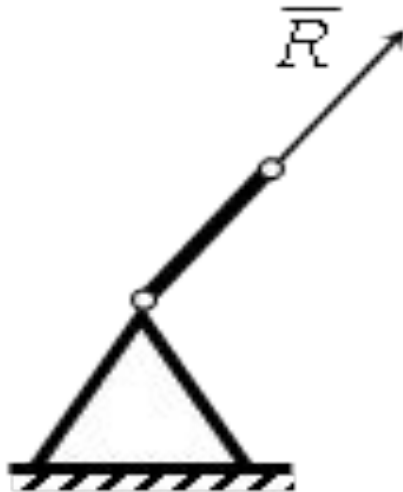
# Подвижная шарнирная опора



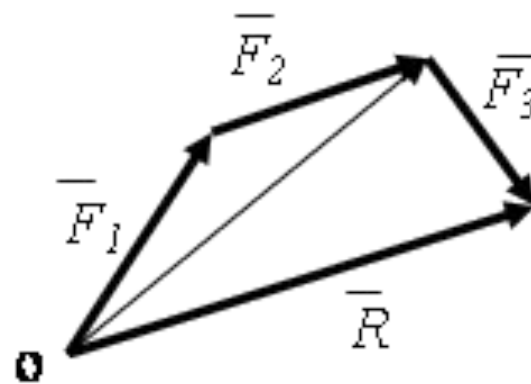
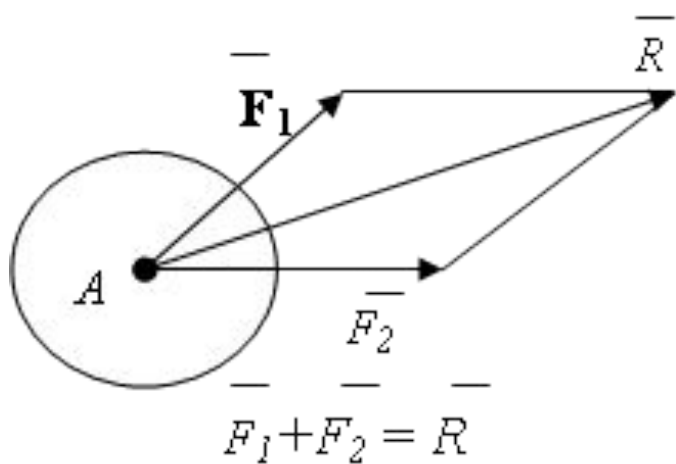
Заделка ( $R$  неизвестно)



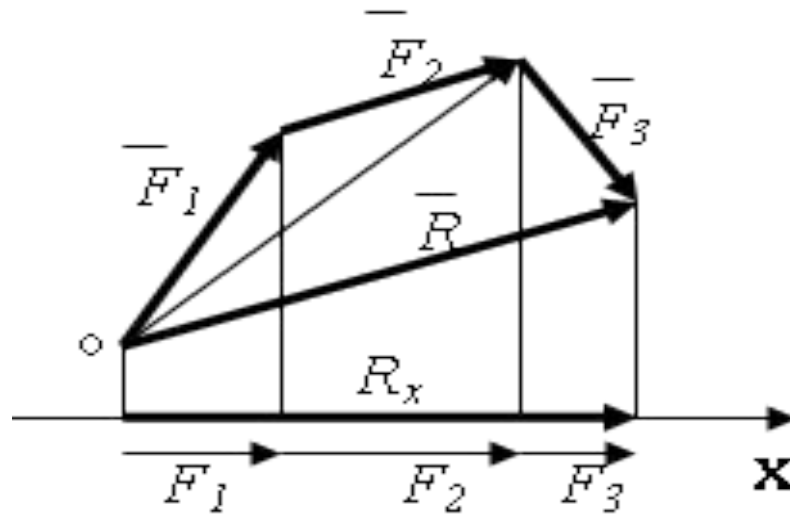
# Шарнирный невесомый стержень



## § 4. Сходящаяся система сил



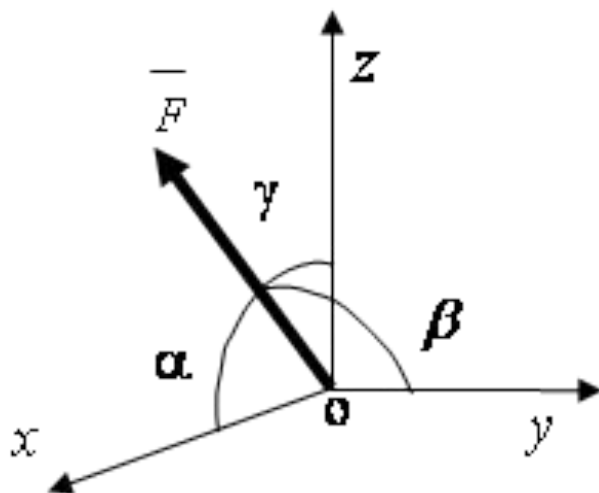
$$R_x = F_1 x + F_2 x + F_3 x$$



$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

Направляющие углы равнодействующей:

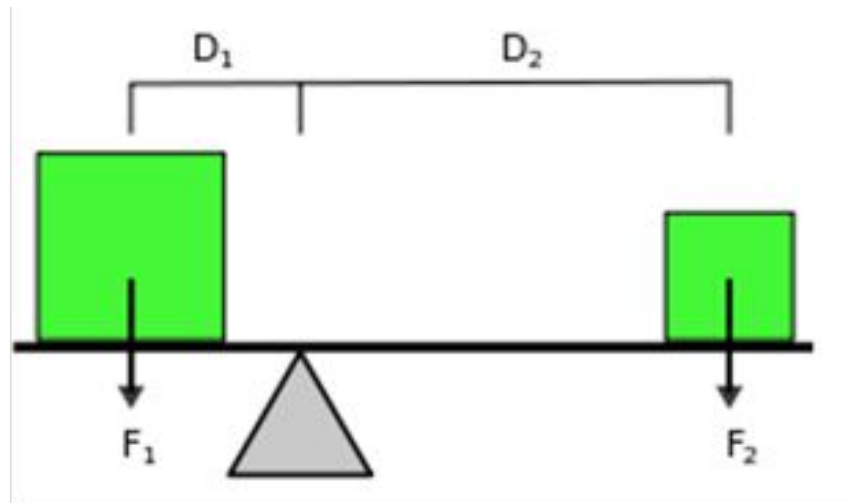
$$\cos \alpha = \frac{\sum F_{kx}}{R}; \quad \cos \beta = \frac{\sum F_{ky}}{R}; \quad \cos \gamma = \frac{\sum F_{kz}}{R},$$



# Момент силы

Момент силы. Величина момента силы вычисляются по формуле:  $M = F \cdot d$ .

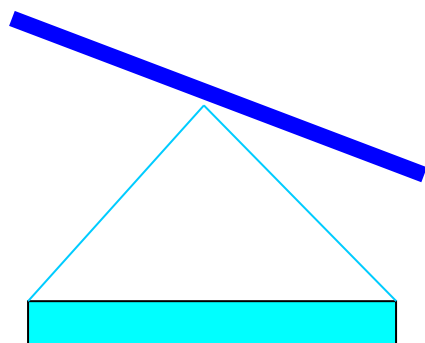
Плечо силы  $D$ , определяется как кратчайшее расстояние от точки до линии действия силы.



В физике момент силы можно понимать как «вращающая сила»: характеризует вращательное действие силы на твёрдое тело.

Если тело не вращается, то векторная сумма моментов всех сил равна нулю.

Стержень, способный вращаться вокруг неподвижной (закреплённой) точки, принято называть рычагом.





# Правило рычага

Если рычаг находится в равновесии, то сумма моментов сил слева и справа от точки опоры

одинаковы, то есть

$$\sum M_{\text{л}} = \sum M_{\text{пр.}}$$

Если на рычаг действуют две силы, то правило рычага можно записать в виде

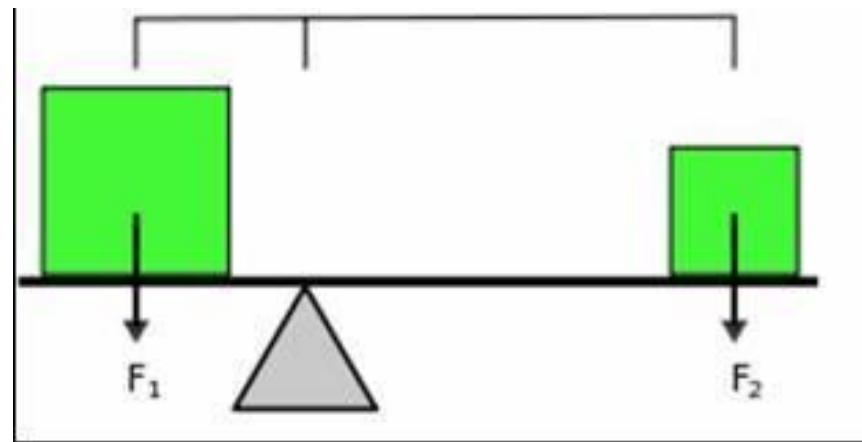
$$F_{\text{л}} \cdot L_{\text{л}} = F_{\text{пр}} \cdot L_{\text{пр}}$$

$F_{\text{л}}$  – сила слева,

$F_{\text{пр}}$  – сила справа,

$L_{\text{л}}$  – плечо слева,

$L_{\text{пр}}$  – плечо справа.



# Пример

На левое плечо рычага длиной 2 м действует сила 5 Н, а на правое действует сила 20 Н. Каким должно быть правое плечо, чтобы рычаг находился в равновесии.

Решение.

$$2 \cdot 5 = 20 \cdot L_{\text{пр}}$$

$$L_{\text{пр}} = 10/20 = 0,5 \text{ м}$$

# Задачи

1. Длина меньшего плеча рычага 5 см, а большего 30 см. На меньшее плечо действует сила 12 Н. Какую силу надо приложить к большему плечу, чтобы уравновесить рычаг?

- 2. При равновесии рычага на его меньшее плечо действует сила 3 кН, на большее 1,5 кН. Длина меньшего плеча 50 см. Определите длину большего плеча.
- 3. Рычаг находится в равновесии под действием двух сил, первая из которых 4 Н. Определите модуль второй силы, если плечо первой силы 15 см, а второй 10 см.

- 4. К правому плечу рычага длиной 50 см прикрепили груз массой 100 кг. Какую силу необходимо приложить к левому плечу рычага длиной 2,5 м, чтобы рычаг уравнился?
- 5. Плечи рычага равны соответственно 4 см и 12 см. На меньшее плечо действует сила 60 Н. Чему равна сила, действующая на большее плечо?