Статика

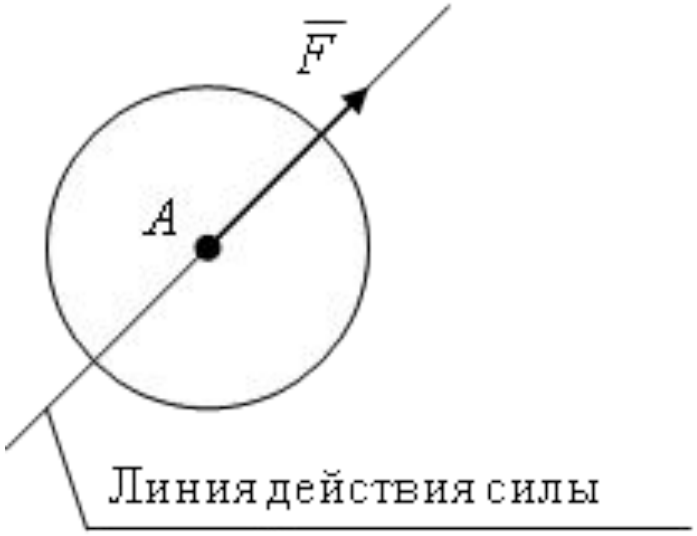
Статика - раздел механики (теоретической механики), изучающий равновесие тел под действием приложенных к нему сил.

§ 1. Основные понятия статики:

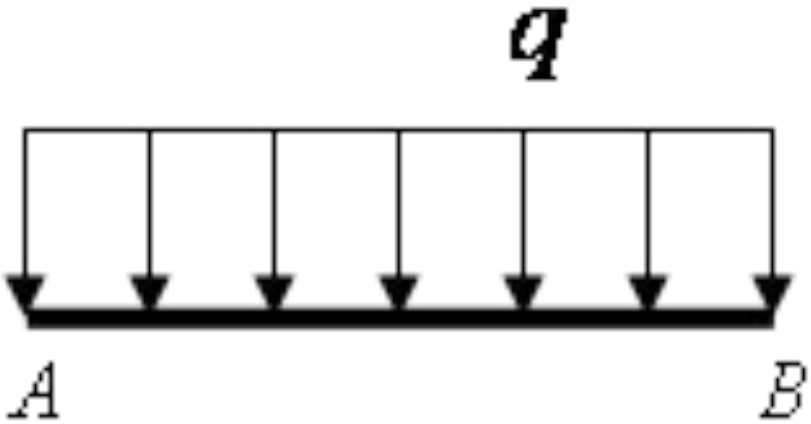
- Абсолютно твердое тело (твердое тело, тело) – материальное тело, расстояние между любыми точками которого, а значит и размеры, и форма, не изменяется.
- Материальная точка – тело, размерами которого по условиям задачи можно пренебречь.
- Свободное тело – тело, на перемещение которого не наложено никаких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

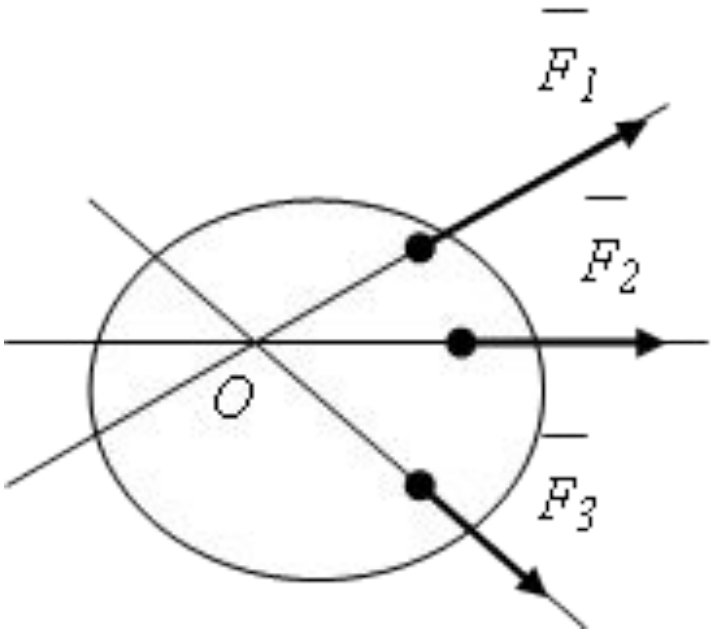


Распределенные силы (распределенная нагрузка) – силы, действующие на все точки объема, поверхности или длины тела.

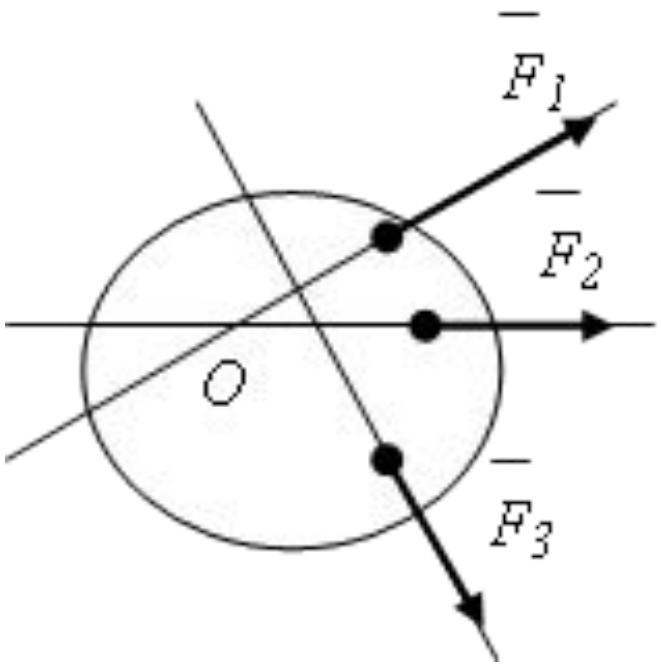


- Внешняя сила – сила, действующая со стороны тела, не принадлежащего рассматриваемой механической системе.
- Внутренняя сила – сила, действующая на материальную точку механической системы со стороны другой материальной точки, принадлежащей рассматриваемой системе.
- Система сил – совокупность сил, действующих 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.

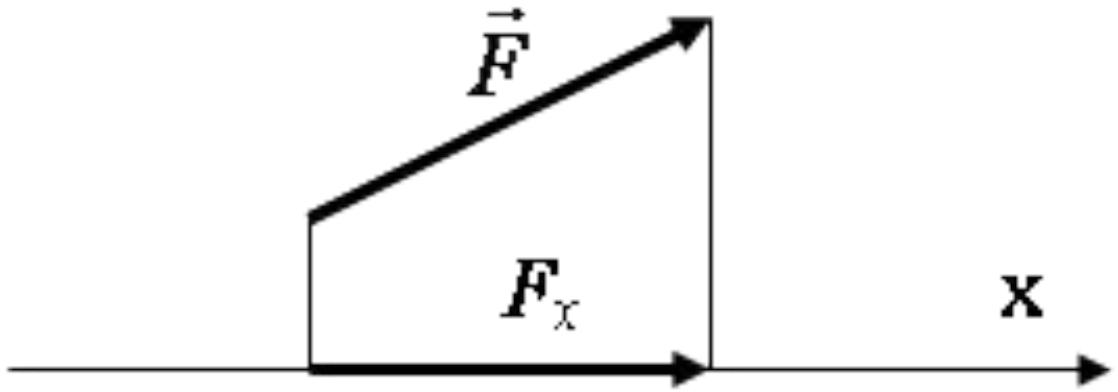


Произвольная система сил – система сил, линии действия которых не пересекаются в одной точке.

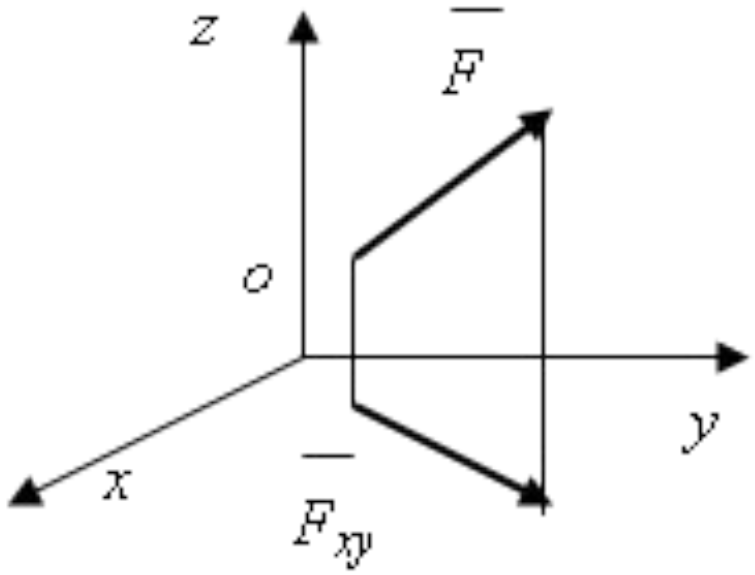


- Равнодействующая сила – сила, действие которой на тело эквивалентно действию системы сил.
- Момент силы – величина, характеризующая вращающую способность силы.
- Пара сил – система двух параллельных равных по модулю противоположно направленных сил.

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

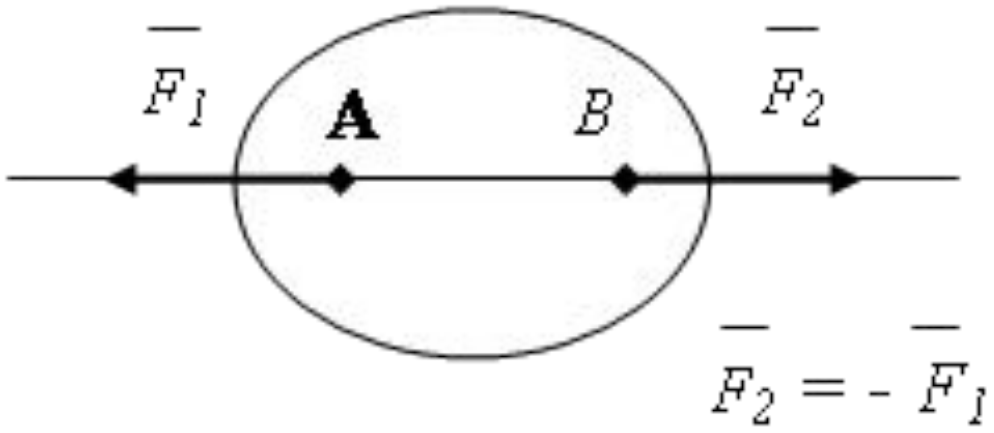


Проекция силы на плоскость – вектор на плоскости, заключенный между перпендикулярами, проведенными из начала и конца вектора силы к этой плоскости.

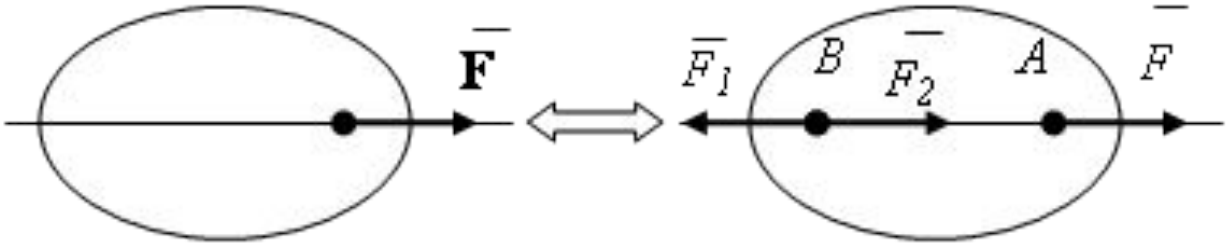


§ 2. Аксиомы статики.

1. Аксиома равновесия. Две силы, действующие на твердое тело, уравновешиваются, 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

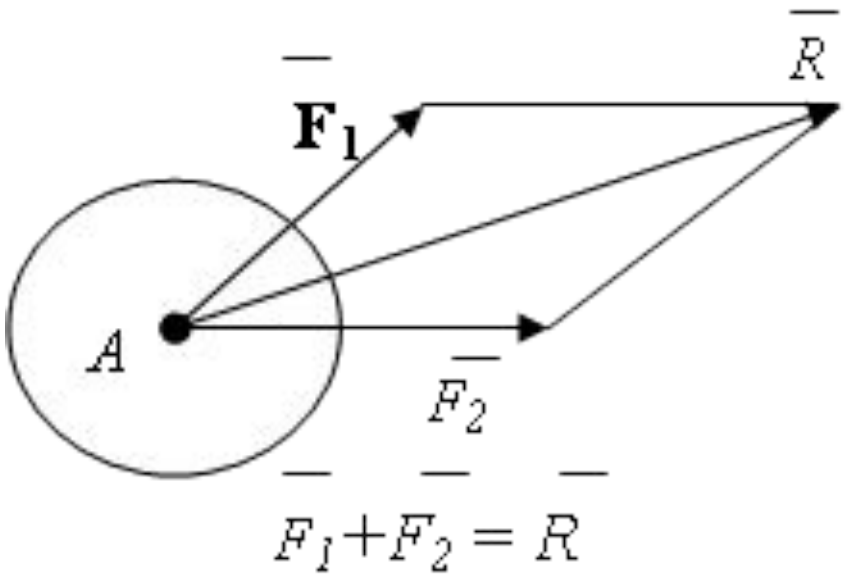


$$|F_1| = |F_2| = |F|$$

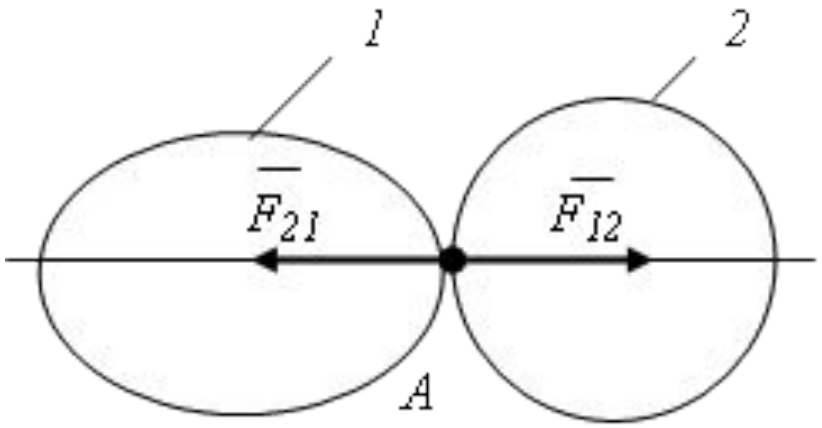
Следствие аксиомы присоединения:

- 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.



$$\overline{F}_{21} = -\overline{F}_{12}$$

5. Аксиома связей.

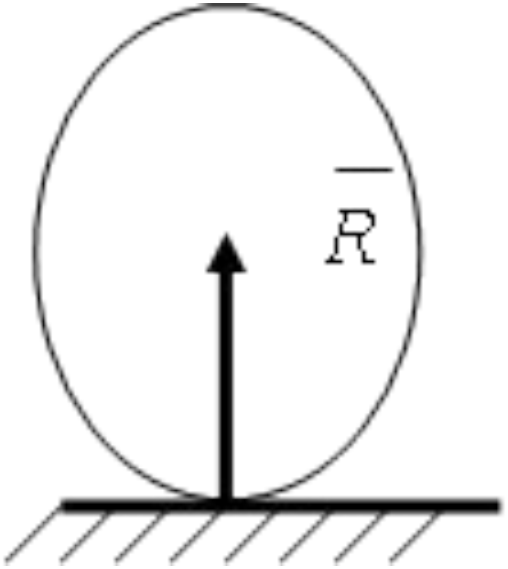
- Всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если его мысленно освободить от связей, заменив их действие соответствующими реакциями.

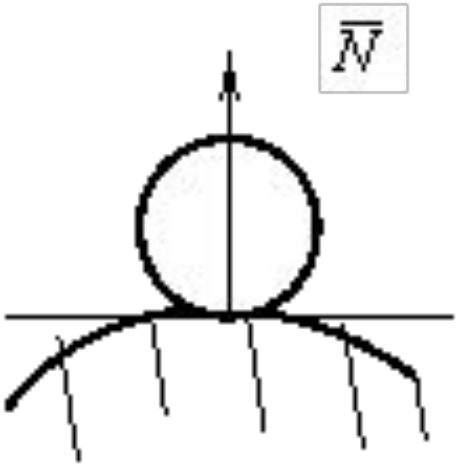
§ 3. Связи и их реакции

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

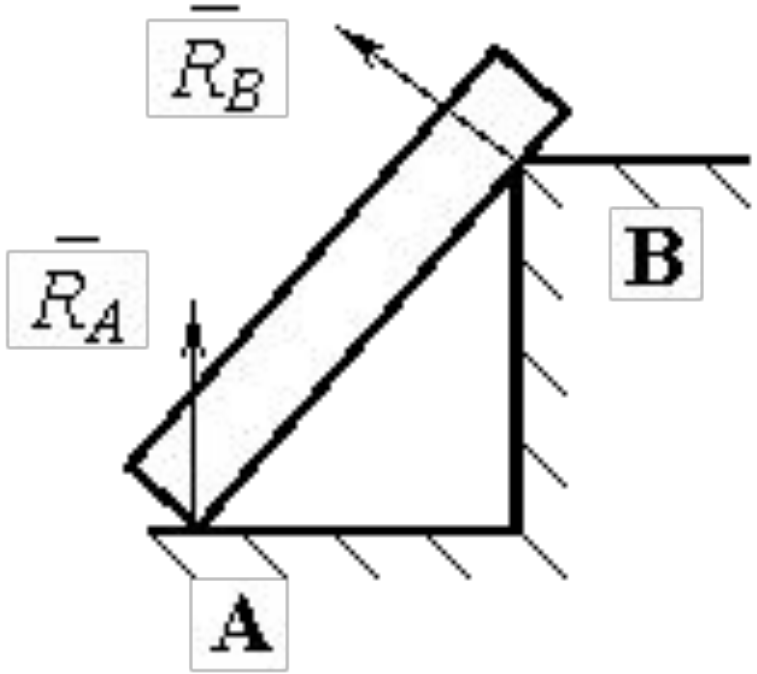
Виды связей:

Гладкая поверхность (при наличии общей нормали)

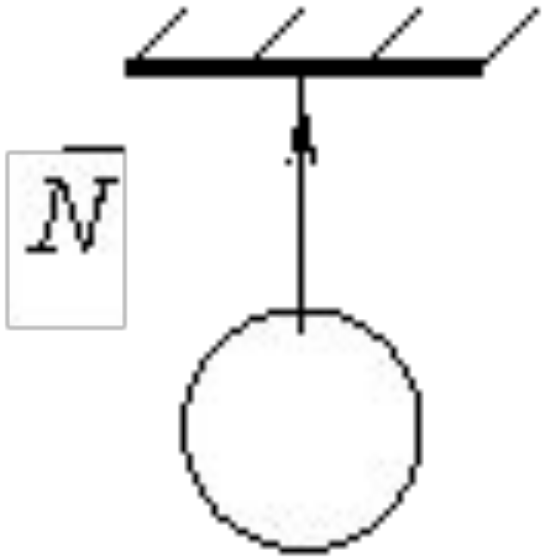




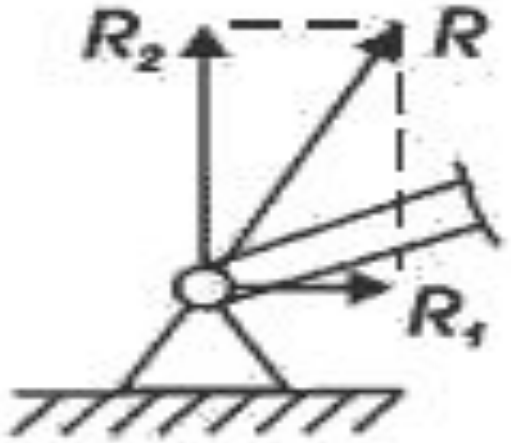
Гладкая поверхность (при отсутствии общей нормали)



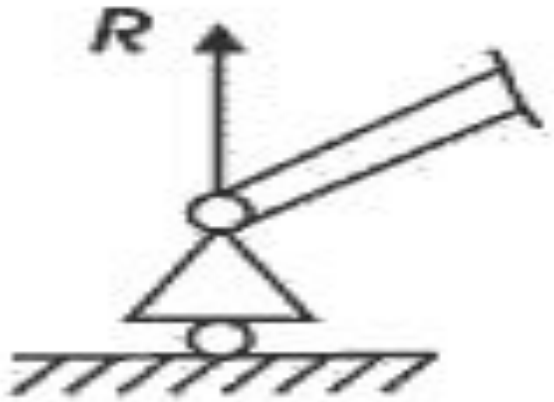
Гибкая связь (реакция - вдоль связи)



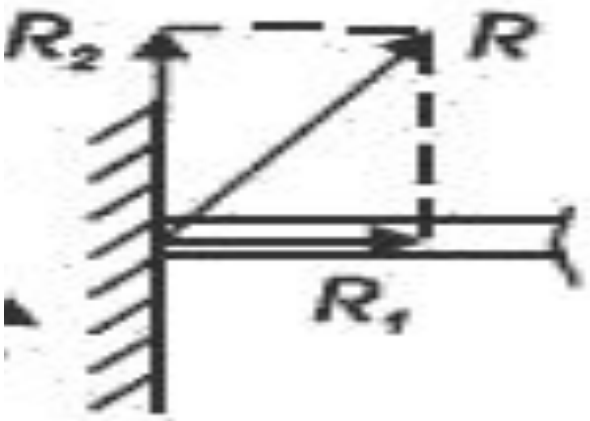
Неподвижная шарнирная опора (R неизвестно)



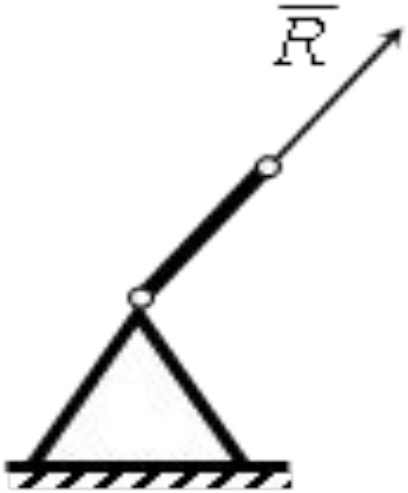
Подвижная шарнирная опора



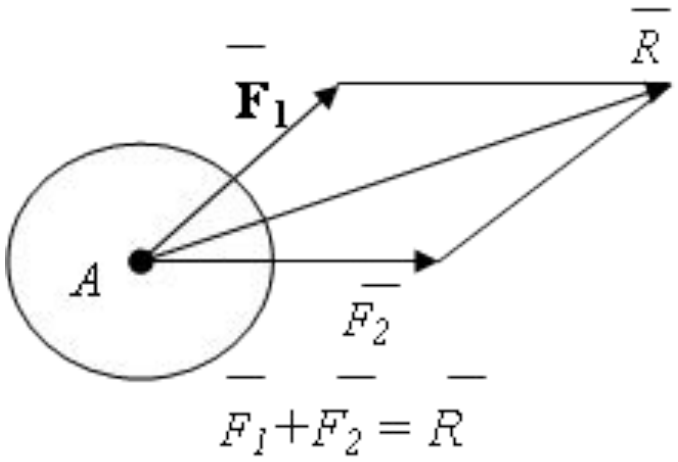
Заделка (R неизвестно)

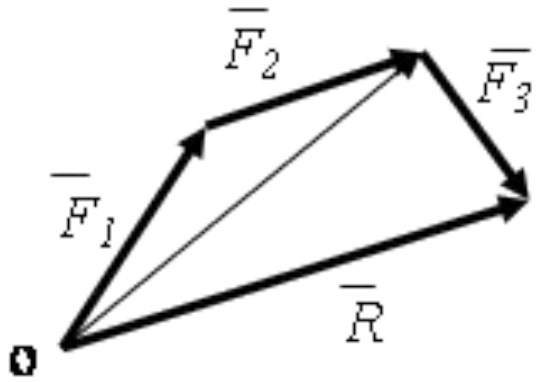


Шарнирный невесомый стержень

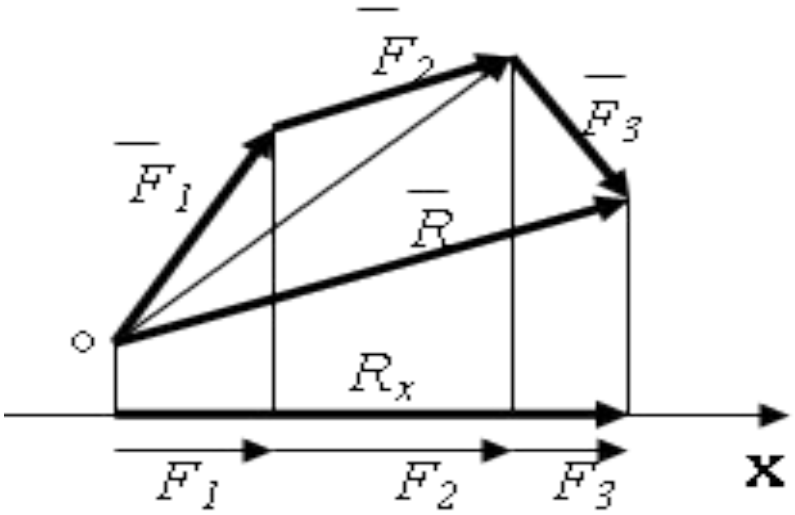


§ 4. Сходящаяся система сил





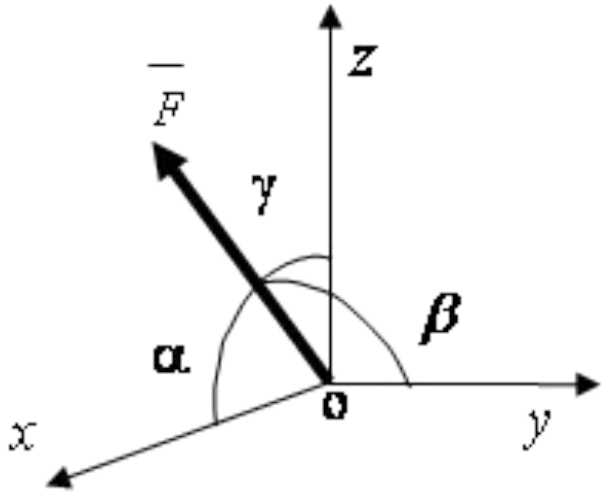
Rx = F1 x + F2 x + F3 x



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

Направляющие углы равнодействующей:

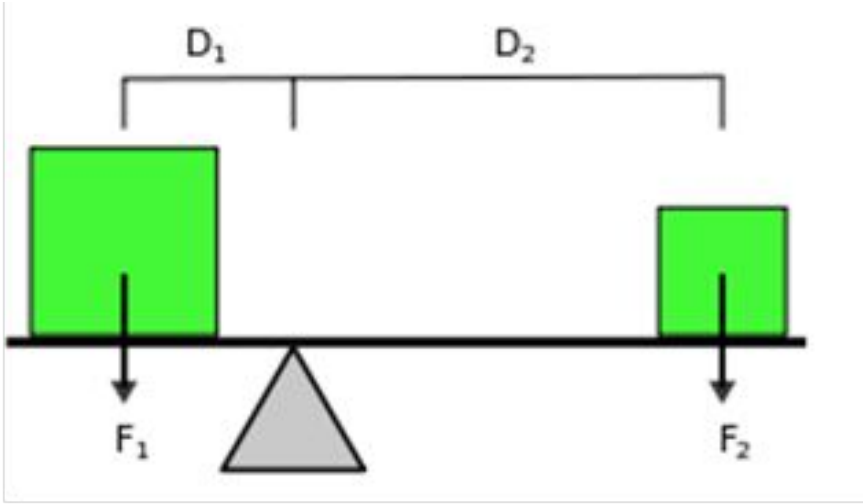
$$\cos\alpha = \frac{\sum F_{kx}}{R}; \quad \cos\beta = \frac{\sum F_{ky}}{R}; \quad \cos\gamma = \frac{\sum F_{kz}}{R},$$



Момент силы

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

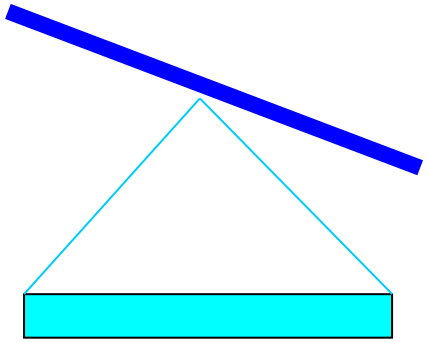
Плечо силы D, определяется как кратчайшее расстояние от точки до линии действия силы.



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 назвать рычагом.



Правило рычага

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

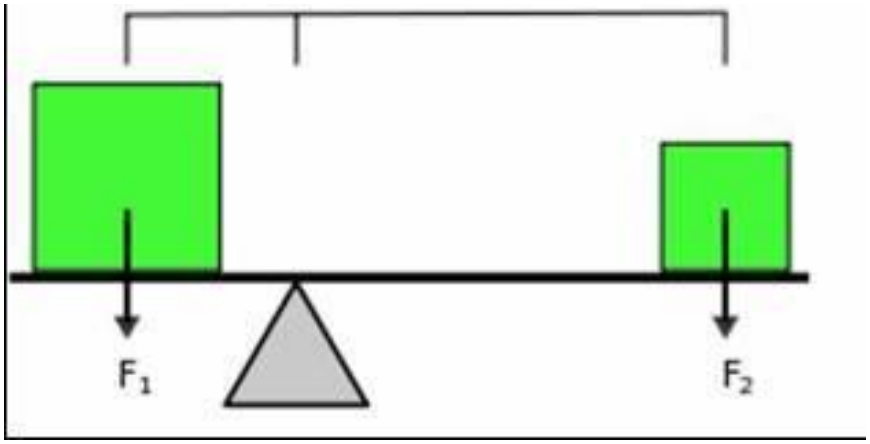
$$\sum M_{л} = \sum M_{пр.}$$

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

$$F_л \cdot L_л = F_{пр} \cdot L_{пр}$$

$F_л$ – сила слева, $F_{пр}$ – сила справа,

$L_л$ – плечо слева, $L_{пр}$ – 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.

$$2 \cdot 5 = 20 \cdot L_{пр}$$

$$L_{пр} = 10/20 = 0{,}5 \text{ м}$$

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 уравновесился?
- 5. Плечи рычага равны соответственно 4 см и 12 см. На меньшее плечо действует сила 60 Н. Чему равна сила, действующая на большее плечо?