

Лекция 2.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИКИ.

ОСНОВНЫЕ АКСИОМЫ СТАТИКИ.

МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ И ОСИ.

2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИКИ.

В разделе статика теоретической механики изучаются условия равновесия и методы преобразования одних силовых систем в другие, эквивалентные данным.

Опр.1 Множество приложенных к телу сил, называется системой сил.

Опр.2 Две системы сил называются эквивалентными, если приложение каждой из них к одному и тому же покоящемуся свободному твёрдому телу приводит к одному и тому же движению.

Опр.3 Система сил, под действием которой свободное твёрдое тело может оставаться в покое, называется уравновешенной или эквивалентной нулю

Опр.4 Если система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется равнодействующей системы сил.

2.2. ОСНОВНЫЕ АКСИОМЫ СТАТИКИ.

Для изучения раздела статика теоретической механики твердого тела рассмотрим аксиомы, лежащие в основе этого курса. Эти аксиомы сформулированы на основе наблюдений и изучения окружающих нас явлений реального мира.

Некоторые основные законы механики Галилея –Ньютона являются одновременно и аксиомами статики.

Аксиома 1 (инерции).

Под действием взаимно уравнивающих сил материальная точка (тело) находится в состоянии покоя или движется прямолинейно и равномерно.

Аксиома инерции выражает установленный Галилеем закон инерции.

Аксиома 2 (равновесия двух сил).

Две силы, приложенные к твердому телу, взаимно уравниваются только в том случае, если их модули равны и они направлены по одной прямой в противоположные стороны (Рис. 2.1).

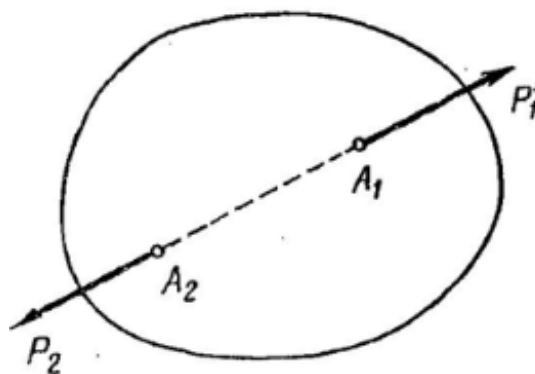


Рис.2.1. Условие равновесия двух сил

Аксиома 3 (присоединения и исключения уравнивающих сил).

Действие системы сил на твердое тело не изменится, если к ней присоединить или из нее исключить систему взаимно уравнивающих сил.

Пусть, например, к твердому телу приложены силы $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$, под действием которых тело находится в покое или совершает какое-то движение (Рис. 2.2). Приложим к телу две равные по модулю и противоположно направленные силы $\vec{Q}_1$ и $\vec{Q}_2$, которые взаимно уравниваются.

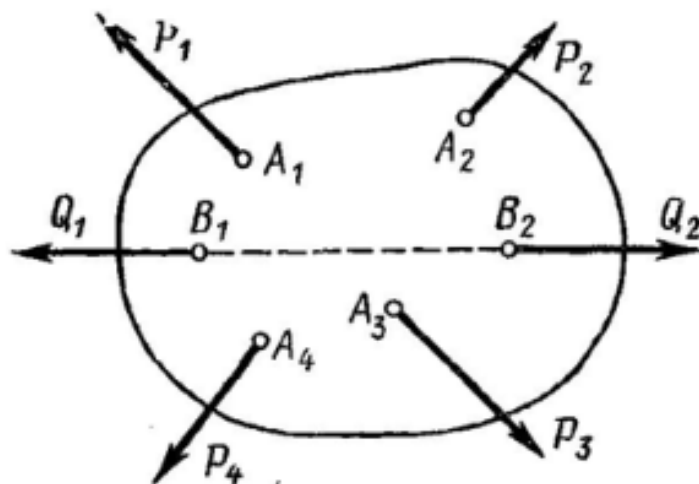


Рис. 2.2. Присоединение и исключение уравнивающих сил

Если тело находится в покое, то оно сохранит это состояние, если же тело находится в движении, то оно будет двигаться под действием новой системы сил $\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$ так же, как под действием сил $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$, то есть новая система сил эквивалентна прежней.

Тот же самый результат получим, если из заданной системы сил, приложенных к твердому телу, исключить взаимно уравнивающиеся силы, то есть равные по модулю и противоположно направленные силы $\vec{Q}_1$ и $\vec{Q}_2$.

Следствие аксиомы присоединения и исключения уравнивающих сил.

Не изменяя кинематического состояния абсолютно твердого тела, силу можно переносить вдоль линии ее действия, сохраняя неизменными ее модуль и направление. Предположим, что к твердому телу в точке А приложена сила $\vec{P}$ (рис. 2.3). Приложим в точке В две силы $\vec{P}'$ и $\vec{P}''$, равные по модулю силе $\vec{P}$ и

направленные по линии ее действия в противоположные стороны. Затем отбросим силы $\vec{P}'$ и $\vec{P}''$ как взаимно уравновешивающиеся. Тогда к телу в точке В будет приложена сила $\vec{P}' = \vec{P}$, эквивалентная силе $\vec{P}$ в точке А

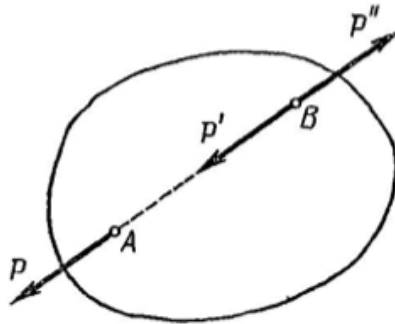


Рис. 2.3. Вектор силы— скользящий вектор

Таким образом, силу можно переносить в любую точку по линии действия, не изменяя ее модуля и направления. Поэтому в статике твердого тела сила рассматривается как скользящий вектор.

Аксиома 4 (параллелограмма сил).

Равнодействующая двух пересекающихся сил приложена в точке их пересечения и изображается диагональю параллелограмма, построенного на этих силах (Рис. 2.4)

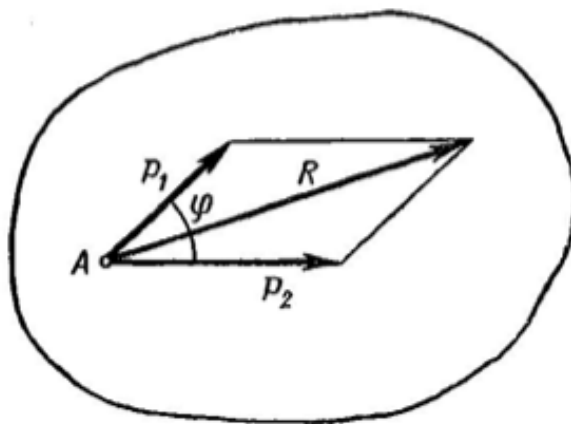


Рис. 2.4. Параллелограмм сил

Это положение, хорошо известное из элементарного курса физики, выражается следующим геометрическим равенством:

$$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$$

Модуль равнодействующей силы определяется по следующей формуле:

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 - 2P_1P_2 \cos(180 - \varphi)}$$

Или, что то же,

$$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2 \cos \varphi}$$

где φ –угол между направлениями сил $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_2$.

Аксиома 5 (равенства действия и противодействия).

Всякому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие.

Эта аксиома утверждает, что силы действия друг на друга двух тел равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные стороны. Таким образом, в природе не существует одностороннего действия силы. Будучи приложенными к разным телам, эти силы не уравниваются.

Аксиома действия и противодействия установлена Ньютоном и известна как один из основных законов классической механики.

Аксиома 6 (сохранения равновесия сил, приложенных к деформирующемуся телу при его затвердении).

Равновесие сил, приложенных к деформирующемуся телу, сохраняется при его затвердении.

Из этой аксиомы следует, что условия равновесия сил, приложенных к абсолютно твердому телу, должны выполняться и для сил, приложенных к деформирующемуся телу.



Рис. 2.5. Условие равновесия двух сил, приложенных к стержню (растяжение)

Однако в случае деформирующегося тела эти условия необходимы, но не достаточны. Так, например, условие равновесия двух сил, приложенных к твердому стержню на его концах, состоит в том, что силы равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны. Можно рассмотреть равновесие стержня, который под действием двух сил испытывает нагрузку на растяжение (Рис. 2.5). А также равновесие недеформируемого стержня, который под действием двух сил испытывает нагрузку на сжатие (Рис. 2.6).



Рис. 2.6. Условие равновесия двух сил, приложенных к стержню (сжатие)

Две уравновешивающиеся силы, приложенные к нити, удовлетворяют этому же условию, но при наличии добавочного условия – силы должны только растягивать, а не сжимать нить (Рис. 2.7).



Рис. 2.7. Условие равновесия двух сил, приложенных к нити

2.3. МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ И ОСИ.

Представим себе, что у некоторого тела закреплена одна точка. Сила, приложенная к такому телу, пытается повернуть тело вокруг оси, проходящей через закреплённую точку перпендикулярно плоскости, содержащей эту точку и линию действия силы. Причём вращательный эффект силы зависит не только от её модуля, но и от того как она приложена по отношению к закреплённой точке.

Введём величину, характеризующую описанное явление. Пусть задана сила $\vec{F}$, приложенная в точке А абсолютно твёрдого тела и некоторый неподвижный центр О (Рис. 2.8).

Опр.5 Моментом силы относительно точки называется вектор, равный векторному произведению радиуса- вектора, проведённого из данного центра в точку приложения силы, и этой силы:

$$\vec{M}_O(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F}$$

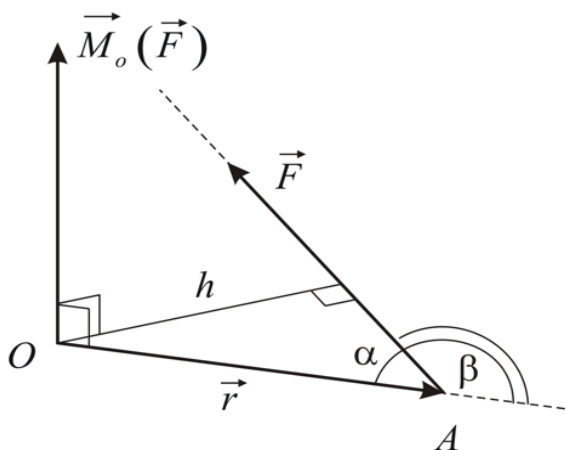


Рис.2.8. Момент силы относительно неподвижной точки

Из определения следует, что момент силы относительно точки расположен перпендикулярно плоскости, содержащей силу и точку, относительно которой вычисляется момент, причём, направлен в ту сторону,

откуда поворот тела вокруг точки под действием силы виден против хода часовой стрелки.

Модуль момента равен произведению модуля силы на кратчайшее расстояние от точки до линии действия силы, которое называется плечом силы:

$$|\vec{M}_0(\vec{F})| = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\beta = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\alpha = |\vec{F}|h$$

Вектор момента обычно изображают приложенным в той точке, относительно которой он вычисляется.

Проведём через точку O , относительно которой вычисляется момент силы, какую-либо ось.

Опр.6 Моментом силы относительно оси называется проекция на ось вектора момента силы, вычисленного относительно любой точки этой оси.

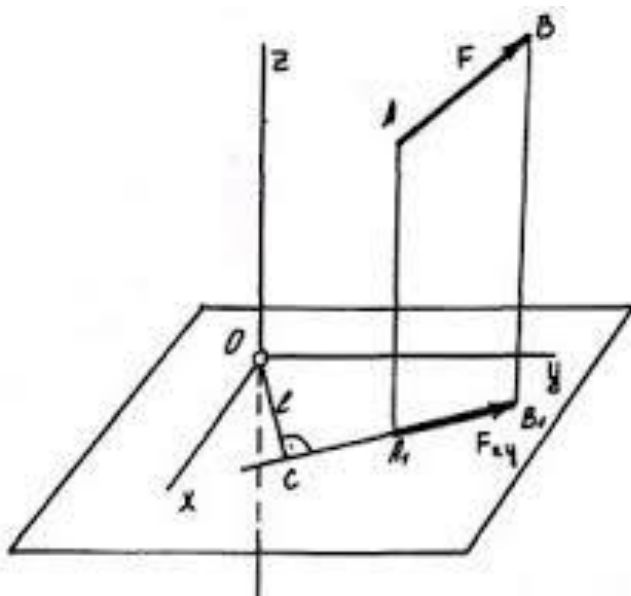


Рис.2.9. Момент силы относительно неподвижной оси