

Раздел 1. Статика твердого тела

Глава 1. Введение

1. Основные понятия и определения

Теоретическая механика – наука, изучающая общие законы механического движения и механического взаимодействия материальных тел.

Механическим движением называется изменение с течением времени положения материальных тел относительно друг друга (относительно системы отсчета). Состояние равновесия есть частный случай движения.

Механическим взаимодействием называется такое взаимодействие материальных тел, которое изменяет или стремится изменить характер их механического взаимодействия.

Абсолютно твердое тело – тело, расстояние между двумя любыми точками которого остается неизменным при всех условиях.

Материальная точка – тело, размеры (объем, длина) которого не учитываются. Материальная точка обладает массой и способностью взаимодействовать с другими материальными точками.

Система материальных точек (механическая система) - совокупность материальных точек, в которой положение и движение каждой точки зависит от положения и движения других точек системы.

Сила – есть мера механического взаимодействия тел, характеризует воздействие одного тела на другое тело. Сила есть векторная величина, определяемая точкой приложения, линией действия (прямой по которой действует) численной и величиной (модулем). Сила в системе СИ измеряется в ньютонах (Н).

Система сил – это совокупность сил, действующее на данное тело (точку).

Кинематическое состояние – это состояние покоя или некоторого движения тел (точки).

Эквивалентными системами сил называются системы сил, под действием каждой из которых тело (точка) находится в одинаковом кинематическом состоянии.

Равнодействующая сила – одна сила, эквивалентная данной системе сил.

Уравновешивающая сила – сила, равная по величине (модулю) равнодействующей и противоположно ей направленная.

Системой взаимно уравновешивающихся сил называется система сил, которая будучи приложена к телу находившемуся в покое, не выводит его из этого состояния.

Внешние силы – силы, действующие на механической системе со стороны других точек, не входящих в данную систему.

Внутренние силы – силы, взаимодействия между точками рассматриваемой данной системы.

Задаваемые силы выражают действие на тело, других тел, вызывающих или способных изменять его кинематическое состояние.

Реакции связи – сила (система сил), выражающая действие связи на тело.

Курс теоретической механики делится на три раздела:

Статика – в этом разделе изучаются методы преобразования систем сил в эквивалентные системы и устанавливаются условия равновесия сил, приложенных к телу.

Кинематика – в этом разделе изучается движение тел в пространстве без учета сил, вызывающих это движение.

Динамика – в этом разделе изучается движение тел в пространстве в зависимости от действующих на них сил.

2. Аксиомы статики

В основу статики положены истины, подтвержденные многолетним опытом и называемые аксиомами статики.

Аксиома 1. Две силы, приложенные к свободному телу, взаимно уравновешиваются тогда и только тогда, когда они равны по величине и направлены по одной прямой в противоположные стороны, т.е.

Аксиома 2. Присоединение и отбрасывание сил, взаимно уравновешивающихся, не изменяет действия сил, приложенных ранее к телу. Из этой аксиомы следует, что, не нарушая действия силы на тело, силу можно переносить в любую точку вдоль ее линии действия, т.е. сила является скользящим вектором.

Аксиома 3. Равнодействующая двух пересекающихся сил, приложенных в одной точке и составляющих между собой некоторый угол, приложена в точке их пересечения и изображается по величине и направлению диагональю параллелограмма, построенного на данных силах (рис.1).

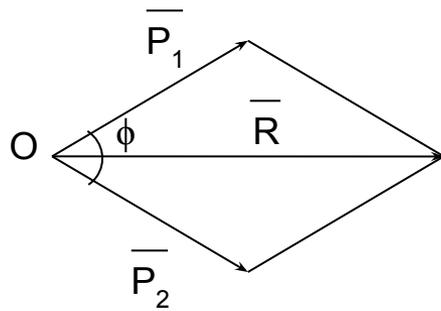


Рис. 1

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

$$\vec{R} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2; \quad R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2 \cos \varphi},$$

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

Аксиома 4. Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, всегда равны по величине и направлены по одной прямой в противоположные стороны. Эта аксиома выражает равенство действия и противодействия. Если на неподвижной горизонтальной плоскости покоится шар, действие шара на плоскость будет передаваться в точке касания плоскости и шара в виде давления, равного весу шара, направленного вертикально вниз, тогда реакция R плоскости

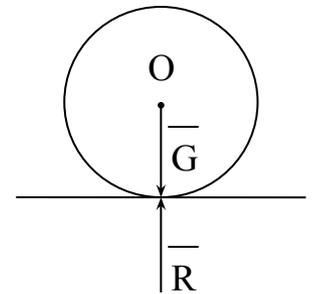


Рис.2

будет равна весу G шара и противоположно ей направлена (рис.2).

Аксиома 5. Равновесие деформирующегося нетвердого тела не нарушается, если тело станет абсолютно твердым. Эта аксиома выражает принцип затвердения и применяется при изучении равновесия нетвердых тел.

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

Из этой аксиомы следует, что условия равновесия сил, приложенные к абсолютно твердому телу, должны выполняться и для сил, приложенных к деформирующемуся телу, однако в этом случае эти условия необходимы, но недостаточны. Так, например, условия равновесия двух сил \vec{P}_1 и \vec{P}_2 приложенных к твердому стержню на его концах, равны по модулю и направлены по одной прямой в противоположные стороны (рис.3). Две уравновешивающиеся силы, приложенные к нити удовлетворяют этому условию, но при наличии добавочного условия – силы должны только растягивать, а не сжимать нить.

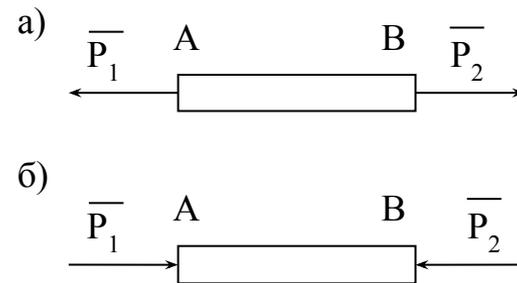


Рис.3

3. Связи и реакций связей

Твердое тело, называется *свободным*, если оно может перемещаться в пространстве в любом направлении.

Тело, ограничивающее свободу движения данного тела, является по отношению к нему *связью*.

Твердое тело, свобода движения которого ограничена связями, называется *несвободным*.

Связи могут осуществляться как твердыми, так и гибкими (тропы, нити, цепи) телами.

Основные типы связей

Рассмотрим основные типы связей и силы их реакций.

А) шарнирно-подвижная связь (опора с катками).

Реакция поверхности на подвижную опору (с катками) направлена перпендикулярно гладкой поверхности (рис.4).

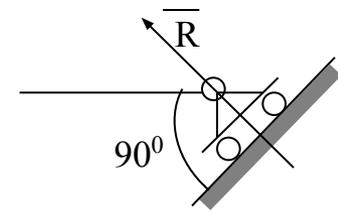


Рис.4

Б) связь в виде неподвижного цилиндрического шарнира.

Реакция связи в виде неподвижного цилиндрического шарнира, раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие \vec{R}_A , \vec{Y}_A , \vec{X}_A , направленные по осям координат системы отсчета \vec{X}_A , \vec{Y}_A (рис.5).

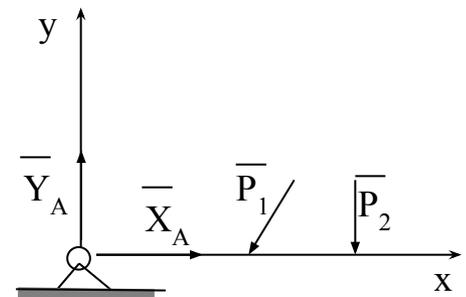


Рис.5

В) связь в виде гладкой плоскости.

Реакция на гладкой плоскости направлена касательно перпендикулярно к плоскости (а,б) или по нормали (в) (рис 6).

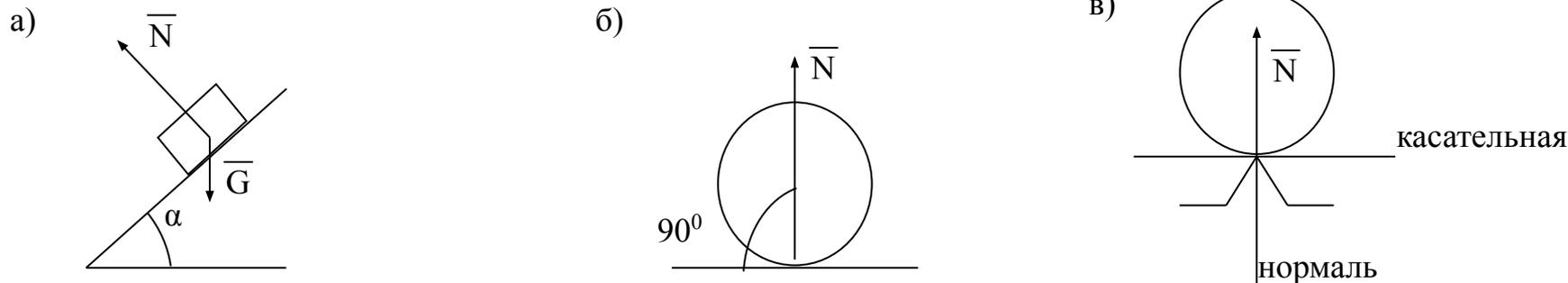


Рис.6

Г) связь в виде нити, троса, цепи.

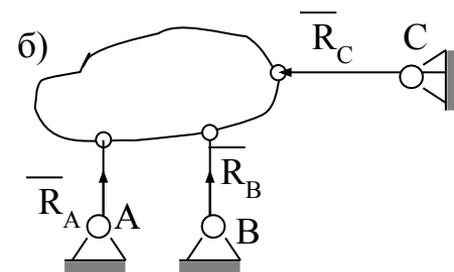
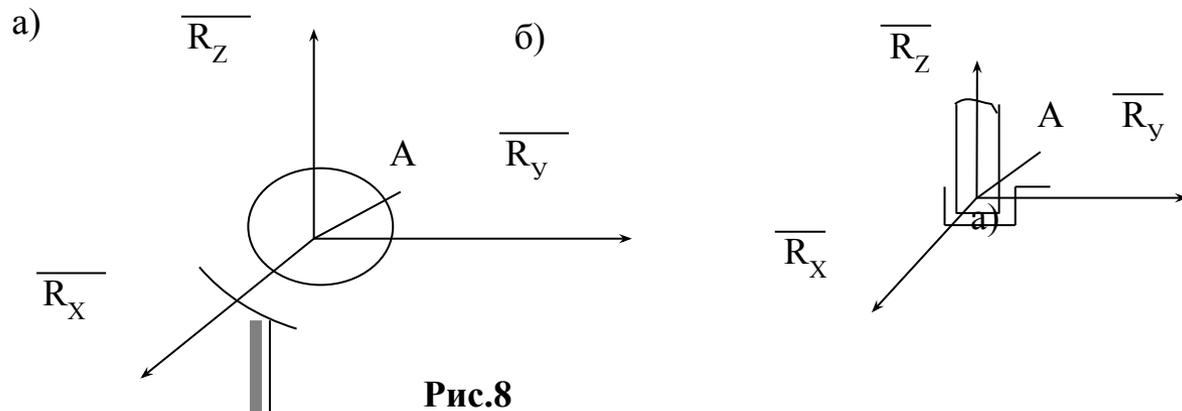
Реакция нити, троса, цепи направлена вдоль нити, троса, цепи (рис.7).



Рис.7

Д) связь в виде сферического шарнира или подпятника.

Реакция сферического шарнира (или подпятника) раскладывается на три взаимно перпендикулярных \overline{R}_x , \overline{R}_y , \overline{R}_z составляющих, направленных по осям координат (рис.8)



Е) на одно и тоже тело может быть наложено одновременно несколько связей, возможно, различного типа. Например, нить и плоскость (а), при невесомых стержнях (б) имеющих шарнирное соединение по концам А (рис.9).

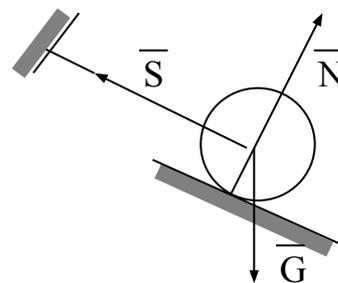


Рис.9

Ж) жесткая заделка – такая связь по сравнению с неподвижным цилиндрическим шарниром полагает еще одно ограничение на тело, а именно невозможность поворота тела по отношению к связи. Поэтому здесь, кроме двух составляющих \bar{R}_x , R_y реакции R необходимо ввести еще реактивный момент M (рис. 10).

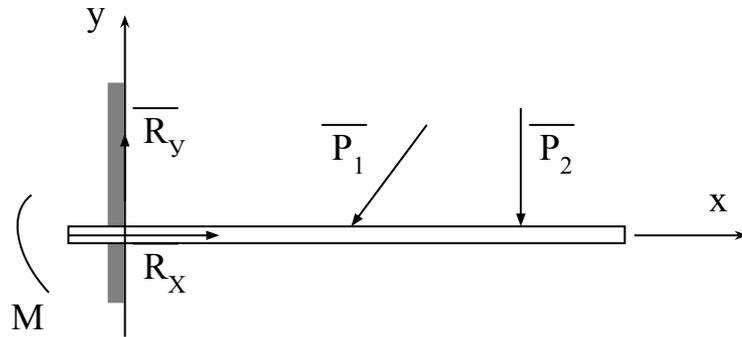


Рис.10

Аксиома связей 6

Несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, отбросив связи и заменив действие связей соответствующими реакциями связей.