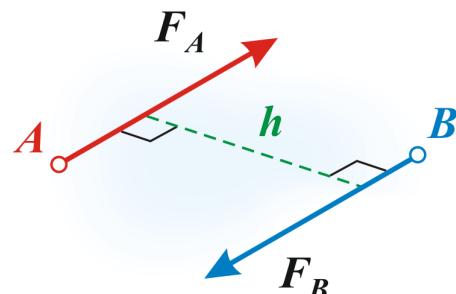


ПАРА СИЛ И ЕЕ СВОЙСТВА



Пара сил – это система двух сил, равных по величине, противоположных по направлению и не лежащих на одной прямой:

$$\bar{F}_A = -\bar{F}_B$$

Кратчайшее расстояние между линиями действия этих сил называется **плечом пары сил**

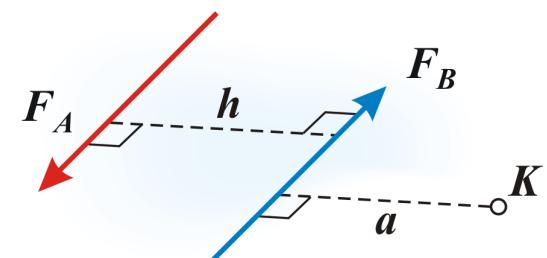
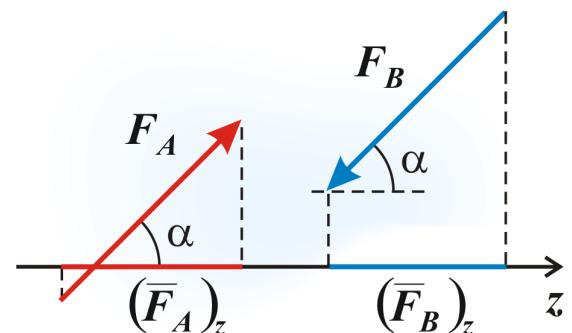
Свойства пары сил:

1. Проекция сил, образующих пару, на любую ось равна нулю:

$$(\bar{F}_A)_z + (\bar{F}_B)_z = F_A \cos \alpha - F_B \cos \alpha = 0$$

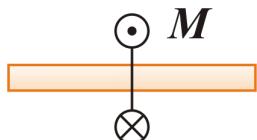
2. Момент пары сил относительно любого центра является величиной постоянной, равной произведению одной из сил, образующих пару, на плечо пары:

$$\begin{aligned} M &= M_K(\bar{F}_A) + M_K(\bar{F}_B) = F_A(h+a) - F_Ba \\ F_A &= F_B \Rightarrow M = F_Ah \end{aligned}$$



Пару сил и ее момент обозначают следующим образом:

1.



2.



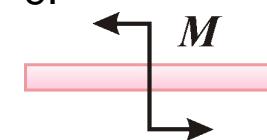
3.



4.



5.



Размерность момента пары сил [Н·м]

АКСИОМЫ СТАТИКИ

1. Тело находится в равновесии под действием двух сил только тогда, когда эти силы равны по величине, противоположны по направлению и лежат на одной прямой

$$\bar{F}_A = -\bar{F}_B \Rightarrow \{\bar{F}_A, \bar{F}_B\} \sim 0$$

2. Равновесие тела не нарушится, если к нему добавить или отнять уравновешенную систему сил, то есть такую систему сил, под действием которой тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения

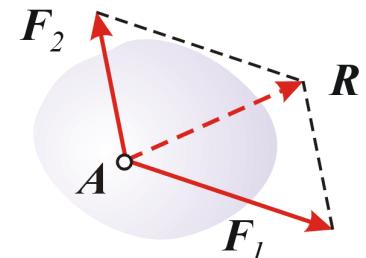
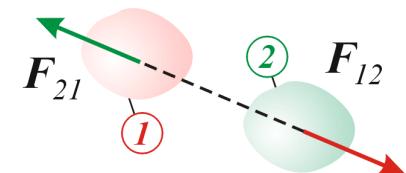
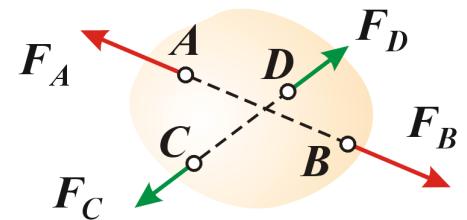
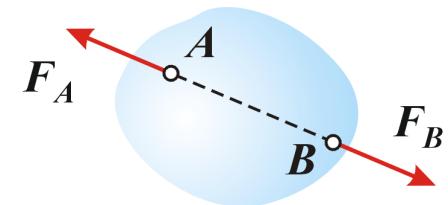
$$\{\bar{F}_A, \bar{F}_B\} \sim 0; \{\bar{F}_C, \bar{F}_D\} \sim 0 \Rightarrow \{\bar{F}_A, \bar{F}_B, \bar{F}_C, \bar{F}_D\} \sim 0$$

3. При всяком действии материального тела на другое имеет место такое же по величине, но противоположное по направлению противодействие

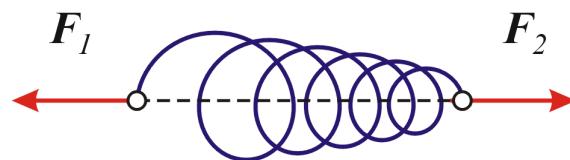
$$\bar{F}_{12} = -\bar{F}_{21}$$

4. Две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, приложенную в той же точке, которая представляет собой диагональ параллелограмма, построенного на этих силах, как на сторонах

$$\{\bar{F}_1, \bar{F}_2\} \sim \bar{R}$$

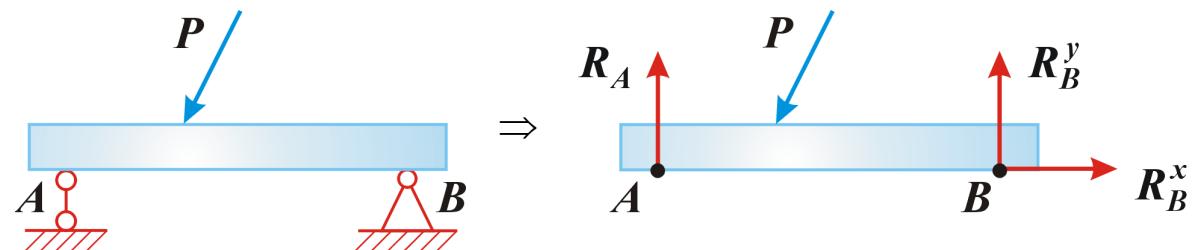


5. Равновесие не нарушится, если заменить деформируемое (геометрически изменяющееся) тело, абсолютно твердым телом такой же формы



Пружина находится в равновесии вне зависимости от того, является она абсолютно твердым телом или деформируемым

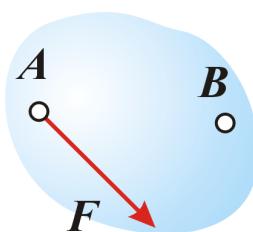
6. Аксиома освобождаемости от связей (основной принцип механики)



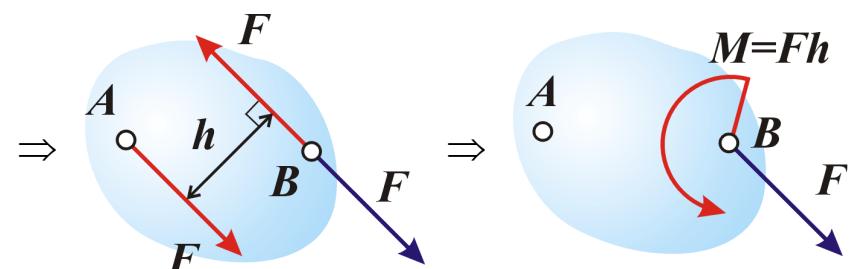
Равновесие тела не нарушится, если заменить наложенные на него связи их реакциями

ТЕОРЕМА О ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПЕРЕНОСЕ СИЛЫ

Силу, приложенную к телу, можно, не изменяя оказываемого действия, переносить параллельно ей самой в любую точку тела, прибавляя при этом пару сил с моментом, равным моменту переносимой силы относительно точки, в которую переносится сила



Равновесие не нарушится, если в точку **B** добавить уравновешенную систему сил – две противонаправленные силы, равные по величине заданной силе **F**



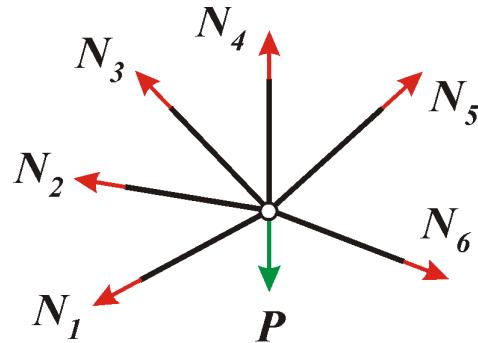
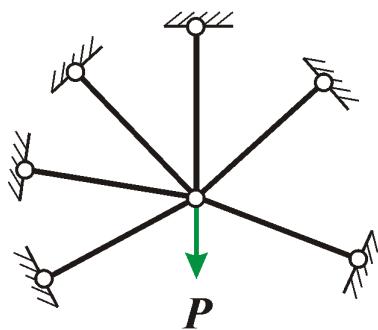
СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ И СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ

Статически неопределенной называют механическую систему, у которой число m неизвестных реакций связей больше, чем число k независимых уравнений равновесия, которые можно для нее записать: $m > k$; у статически определимой конструкции $m = k$

Степенью статической неопределенности называют разность: $n = m - k$

Реакции статически-неопределенной конструкции невозможно определить только из уравнений равновесия

ПРИМЕРЫ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ



1. Число неизвестных реакций связей:

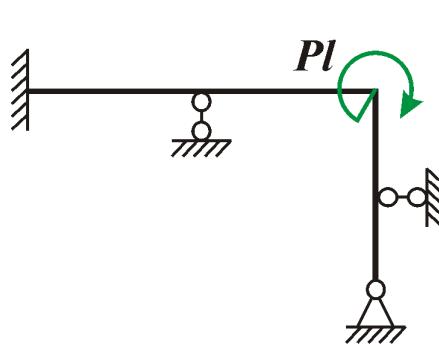
$$m = 6$$

Число независимых уравнений равновесия (плоская система сходящихся сил):

$$k = 2$$

Степень статической неопределенности:

$$n = m - k = 6 - 2 = 4$$



2. Число неизвестных реакций связей:

$$m = 7$$

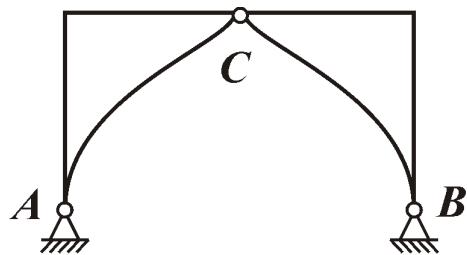
Число независимых уравнений равновесия (плоская система сил):

$$k = 3$$

Степень статической неопределенности:

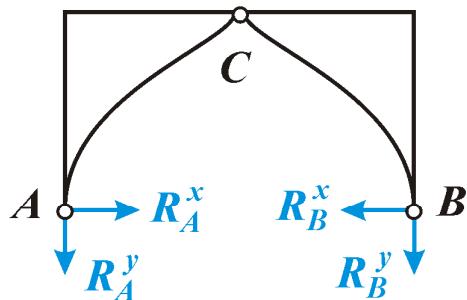
$$n = m - k = 7 - 3 = 4$$

РАВНОВЕСИЕ СИСТЕМ ТЕЛ. МЕТОД РОЗУ



Связи, соединяющие части одной конструкции называют **внутренними связями**, а связи, скрепляющие заданную конструкцию с телами, в нее не входящими, называют **внешними**

Пусть дана механическая система твердых тел, соединенных между собой шарниром или тросом, например, шарнирно-опертая арка



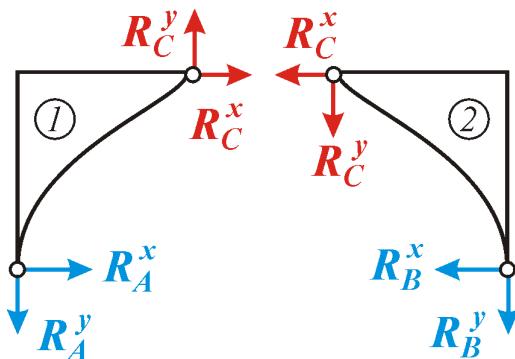
Реакции шарнирно-неподвижных опор:

$$R_A^x, R_A^y, R_B^x, R_B^y$$

Система сил плоская \Rightarrow можно записать 3 линейно-независимых уравнения равновесия

Степень статической неопределенности $n = 4 - 3 = 1 > 0 \Rightarrow$ система статически неопределенна

Задачу статики для такой конструкции решают **методом РОЗУ**:



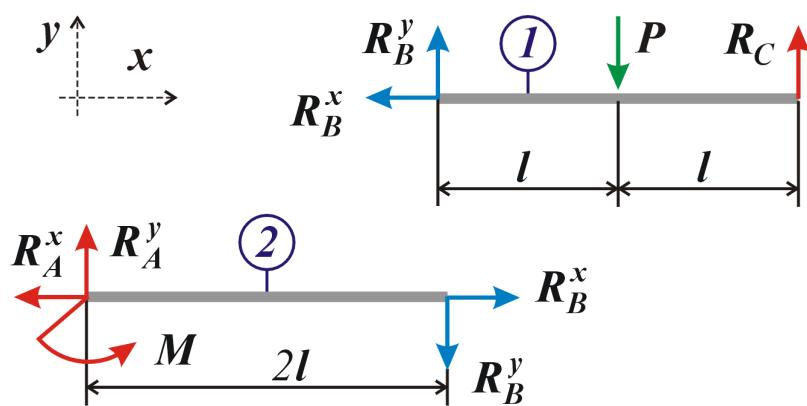
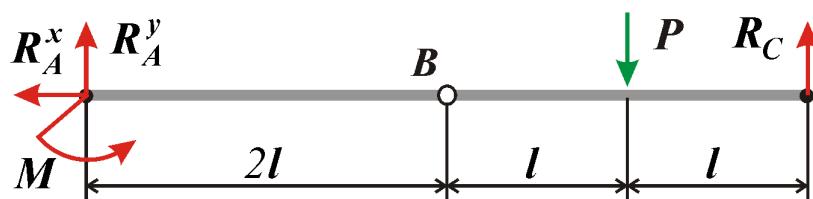
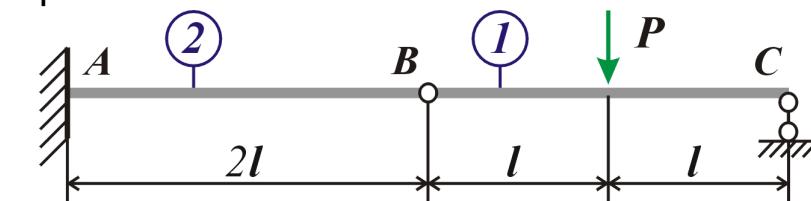
Р – разделяем конструкцию на отдельные тела

О – отбрасываем внешние связи

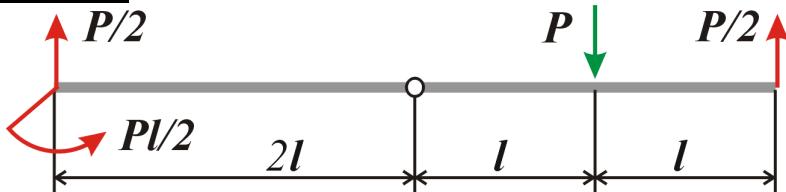
З – заменяем отброшенные внешние и внутренние связи их реакциями, причем реакции внутренних связей указываем с учетом аксиомы - действие равно противодействию

У – уравновешиваем (рассматриваем равновесие каждого тела конструкции в отдельности)

Пример 8. Определить реакции опор конструкции, состоящей из двух балок, соединенных шарниром в точке B



ОТВЕТ:



Реакции опор: R_A^x , R_A^y , M , R_C

Если рассмотреть равновесие всей конструкции в целом, то, записав для нее 3 линейно-независимых уравнения равновесия (дана плоская система сил), найти из них 4 неизвестных реакции не удастся. Поэтому используем метод РОЗУ: разделим конструкцию на отдельные тела, отбросив внешние связи, и заменим **внешние** и **внутренние** связи соответствующими реакциями

Условия равновесия тела №1

$$\begin{cases} \sum M_B(F_i) = 0 \\ \sum (F_i)_x = 0 \\ \sum (F_i)_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -Pl + 2R_C l = 0 & R_C = P/2 \\ -R_B^x = 0 & R_B^x = 0 \\ R_B^y - P + R_C = 0 & R_B^y = P/2 \end{cases}$$

Условия равновесия тела №2

$$\begin{cases} \sum M_A(F_i) = 0 \\ \sum (F_i)_x = 0 \\ \sum (F_i)_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M - Pl/2 = 0 & M = Pl/2 \\ R_B^x - R_A^x = 0 & R_A^x = 0 \\ R_A^y - P/2 = 0 & R_A^y = P/2 \end{cases}$$