

Кафедра физики прочности МИФИ

Маркочев Виктор Михайлович

Лекции

по дисциплине «Основы сопротивления материалов и физики прочности» с использованием информационных технологий для факультета «Ф»

Рекомендуемая литература

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 591 с.
2. Пирогов Е.Н., Гольцев В.Ю. Сопротивление материалов. Конспект лекций. – М.: Айрис Пресс, 2003. – 176 с.
3. Сапунов В.Т. Классический курс сопротивления материалов в решениях задач. – М.: Едиториал УРСС. 2004. – 156 с.
4. Маркочев В.М. Пособие по решению задач курсового проекта по сопротивлению материалов в среде MATHCAD. – М.: МИФИ, 2008. Электронное пособие.

Структура курса

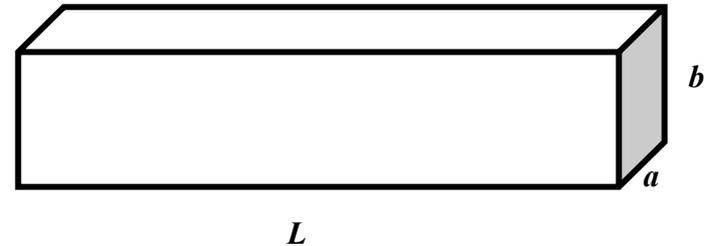
- Лекции и практические занятия – 40 часов
- Лабораторные работы – 4 часа
- Курсовая работа: Выдача задания на 3-ей неделе.
- Сроки выполнения
- · Растяжение - сжатие – 2 задачи - срок 5-я неделя;
- · Тонкостенные оболочки – 1 задача - срок 8-я неделя;
- · Кручение вала – 1 задача - срок 10-я неделя
- · Изгиб балки – 1 задача - срок 14-я неделя.
- Отчет по каждой из решенных задач
- Экзамен (теория + задача)

Лекция 1. Введение.

- Сопротивление материалов – наука о прочности и жесткости элементов конструкций и машин.
- Прочность – свойство твердых тел воспринимать внешнюю нагрузку без разрушения.
- Жесткость – свойство твердых тел воспринимать внешнюю нагрузку без существенного изменения геометрических размеров, т.е. без больших деформаций

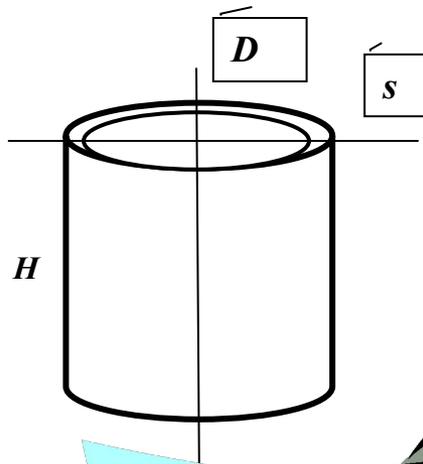
Схематизация геометрий реальных элементов конструкций

Стержень: $L \gg a$; $L \gg b$.

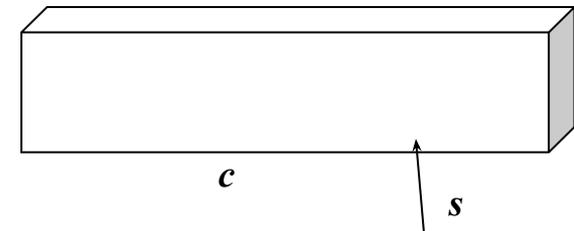


Оболочка:

$D \gg s$; $H \gg s$.

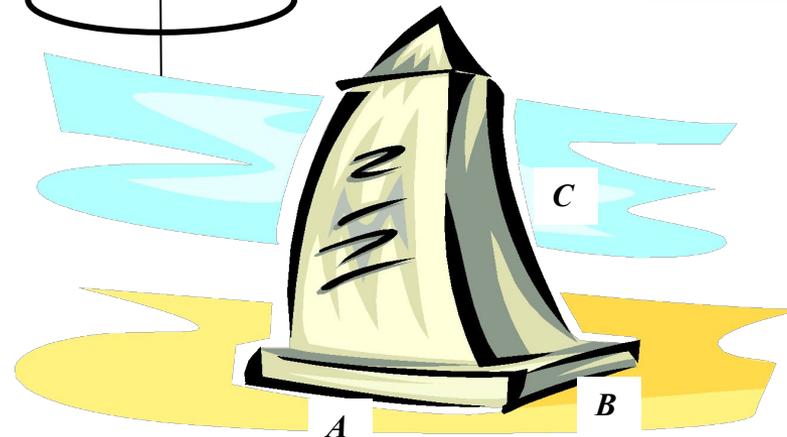


Пластина: $c \gg s$; $d \gg s$.



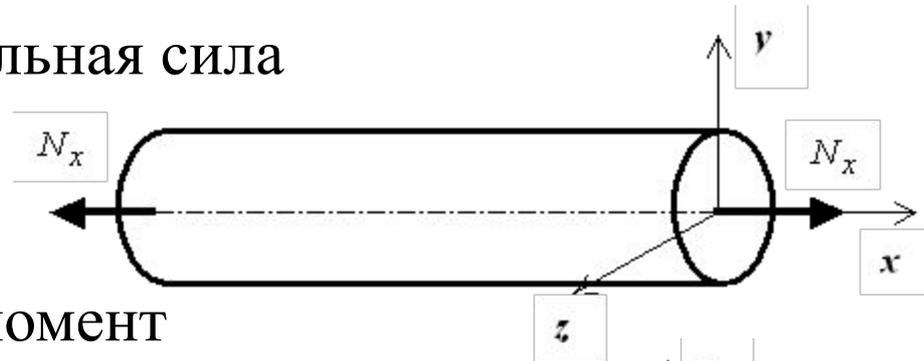
Массив:

$A \sim B \sim C$

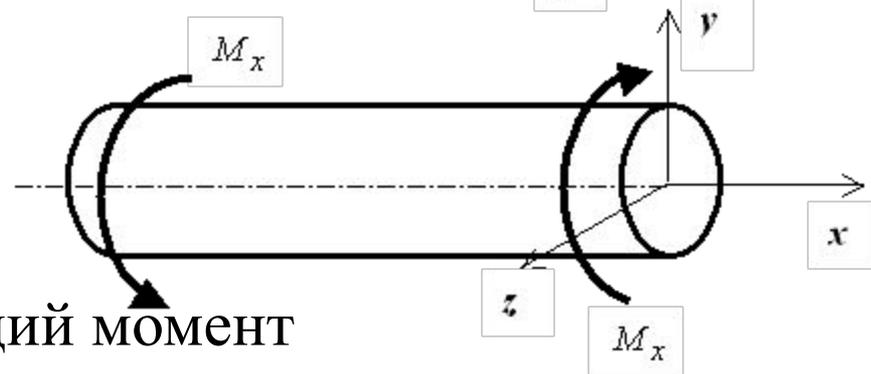


Брус в связи со способом нагружения

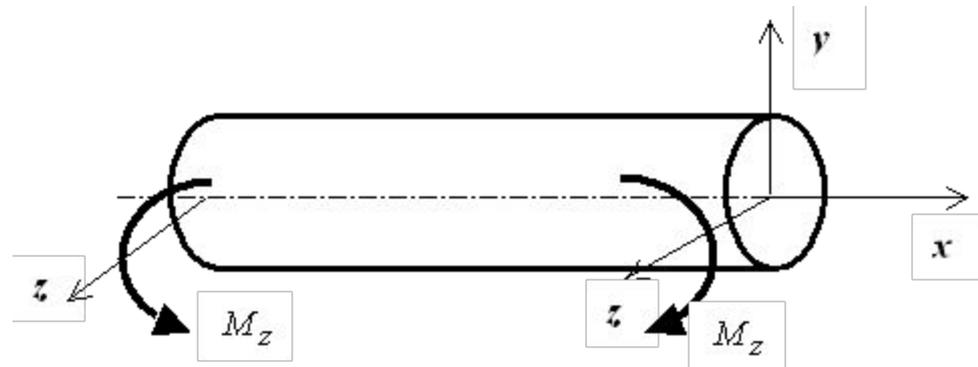
Стержень, N_x – продольная сила



Вал, M_x – крутящий момент



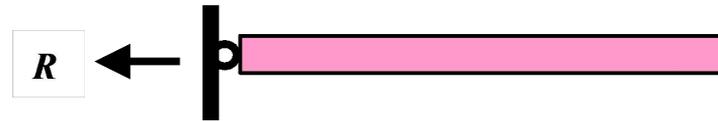
Балка, M_z – изгибающий момент



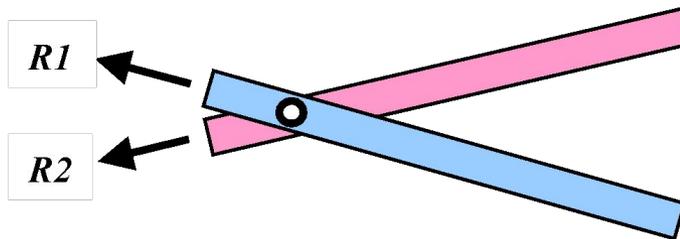
Схематизация опор и связей между стержневыми элементами

СВЯЗИ

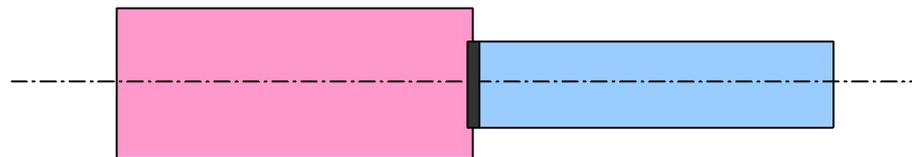
Шарнирное соединение стержня с опорой



Шарнирное соединение стержней

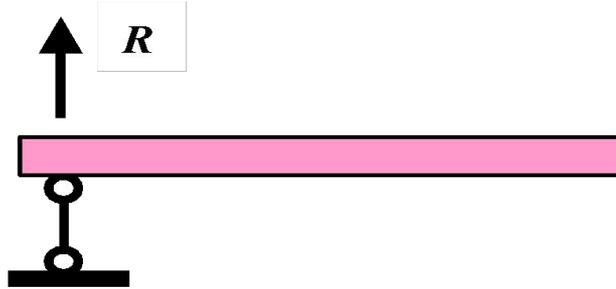


Жесткое соединение стержней (сварка)

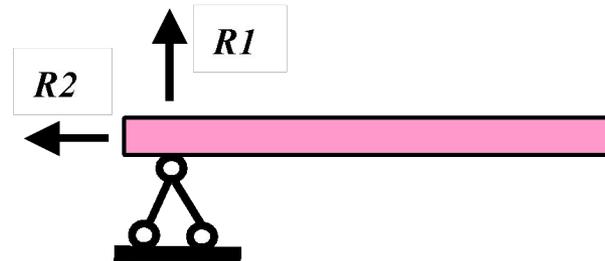


Схематизация опор балок

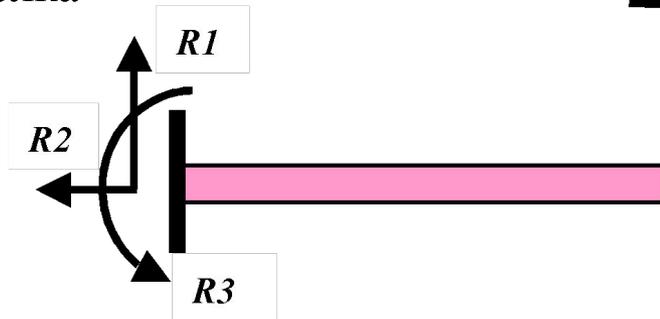
Шарнирно-подвижная опора



Шарнирно-неподвижная опора



Жесткая заделка



Схематизация внешних сил



Объемные
(силы тяжести и
силы инерции)

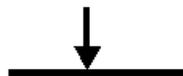
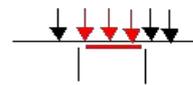
СИЛЫ

Поверхностные



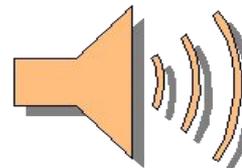
Сосредоточенные

Распределенные



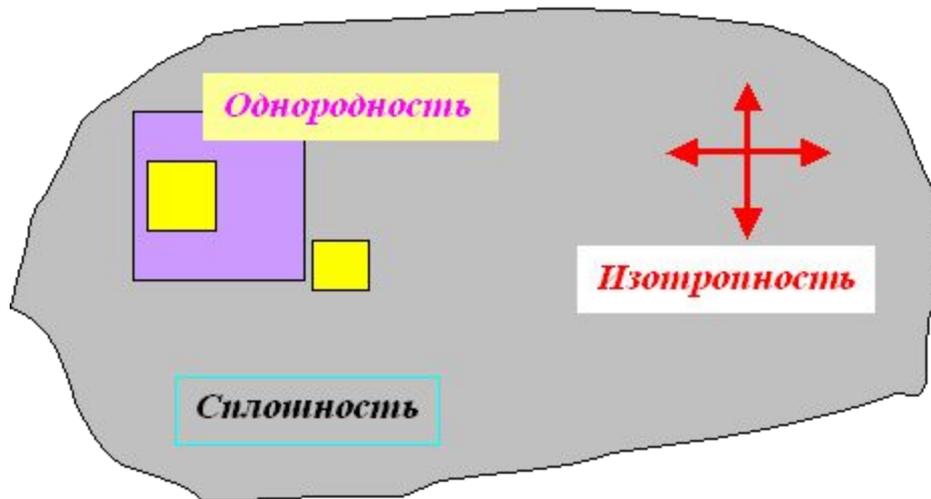
Распределенные
по длине

Распределенные
по поверхности



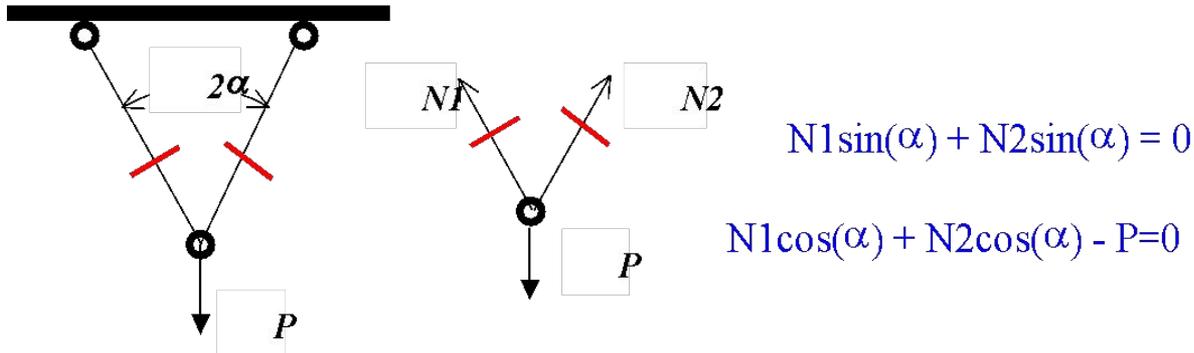
Идеализация свойств конструкционного материала

- **Материал считается сплошным (непрерывным), однородным и изотропным**

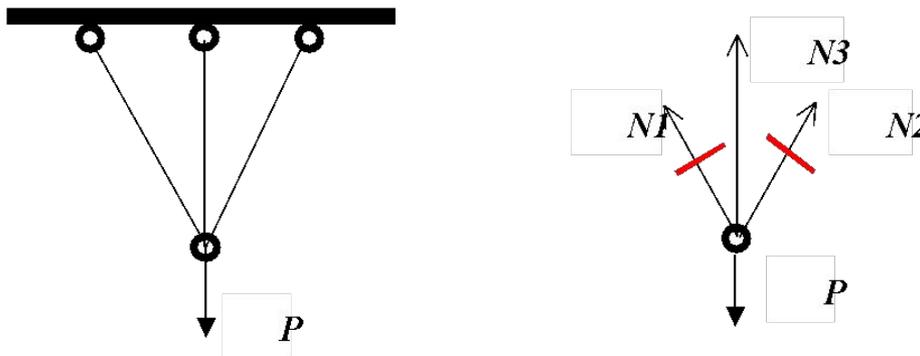


Системы статически определимые и статически неопределимые

Если число наложенных связей равно числу возможных уравнений равновесия, то систему называют *статически определимой*.



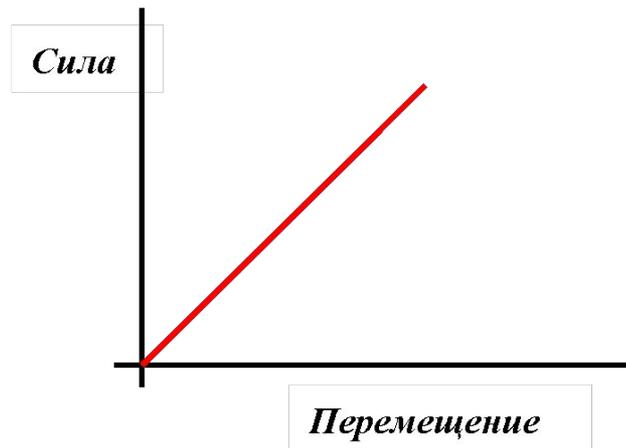
Если число наложенных связей больше числа уравнений равновесия, то система называется *статически неопределимой*.



Основные принципы и гипотезы классического сопротивления материалов

- **Линейность**

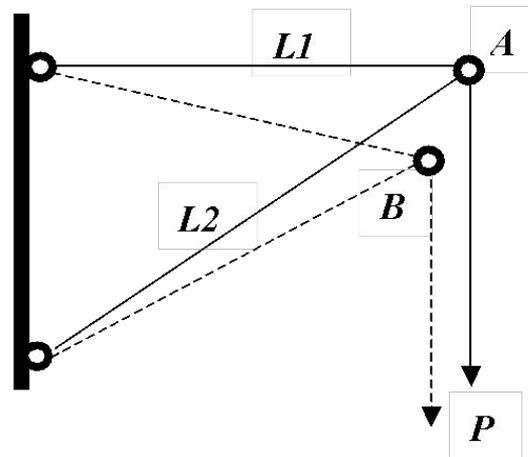
1. Справедливость закона Гука – между силами вызванными ими перемещениями в системе существует *линейная* зависимость (1678 год).



Принцип «начальных размеров»

- **Малость перемещений**

1. Малость смещений и деформаций по сравнению с геометрическими размерами элементов конструкций. Это обусловило применение принципа «начальных размеров» - уравнения равновесия при расчетах на прочность записывают для начальной, недеформированной конструкции.

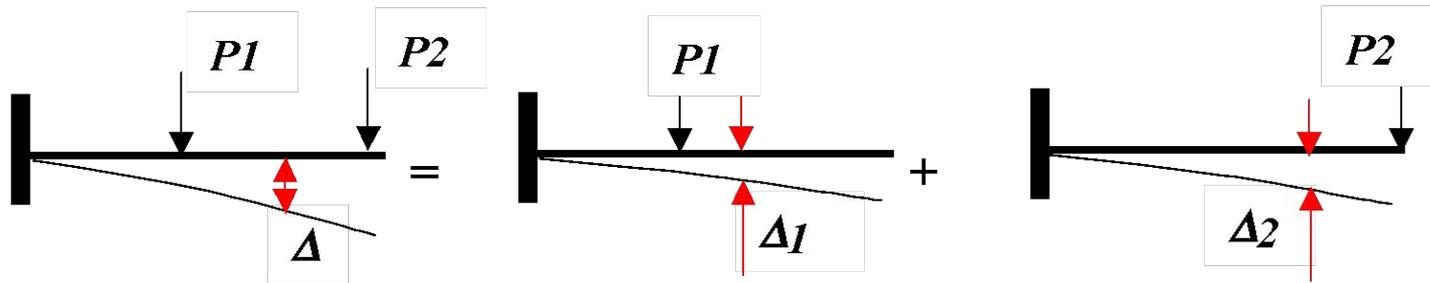


Перемещение точки приложения силы $AB \ll L1$ и $AB \ll L2$.

Принцип независимости действия сил.

- **Независимость действия сил**

1. Результат одновременного воздействия нескольких сил равен сумме результатов действия каждой из сил в отдельности.

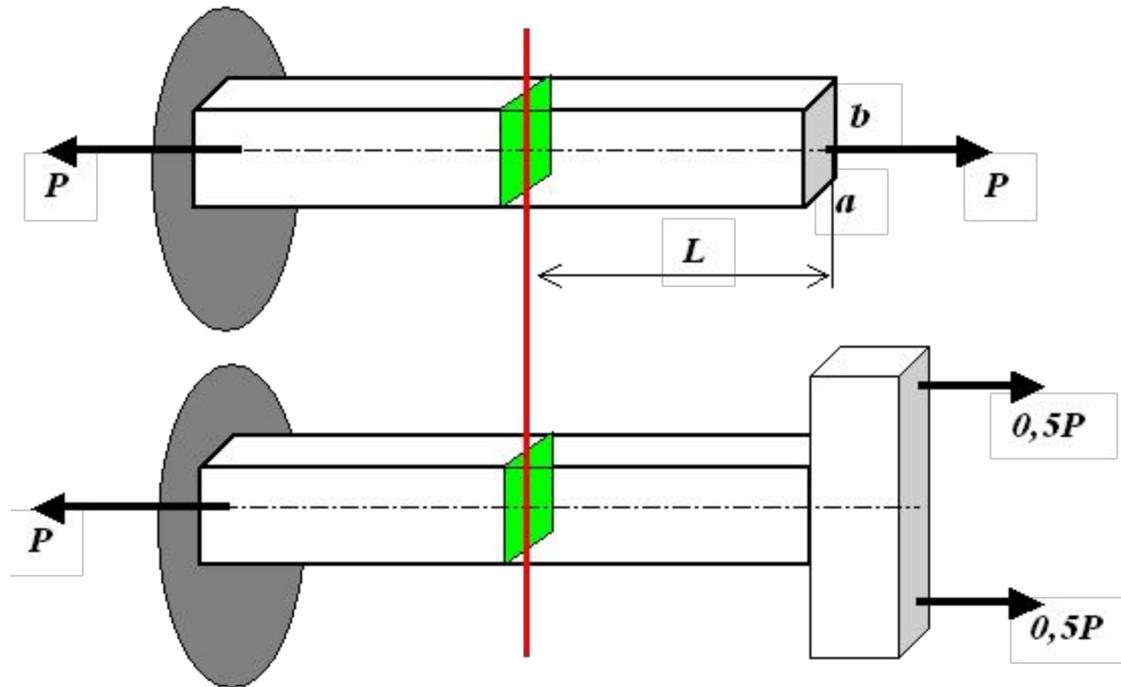


В заданном сечении балки $\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$

Принцип Сен-Венана

- Особенности приложения внешних сил сказываются на расстояниях, не превышающих, как правило, наибольшего размера поперечного сечения:

$$L \sim a; \quad L \sim b$$



Допущение на соединение стержней

- В расчетах используется **допущение**, что соединение одного стержня с другим не изменяет поведения каждого из стержней в отдельности.

Гипотеза плоских сечений

- Принимают, что точки, принадлежащие одному плоскому сечению до нагружения бруса, перемещаются так, что после нагружения они остаются расположенными в одной плоскости, т.е. *каждое поперечное сечение перемещается как одно целое, как бы представляя собой очень жесткую пластинку.*

Внутренние силы

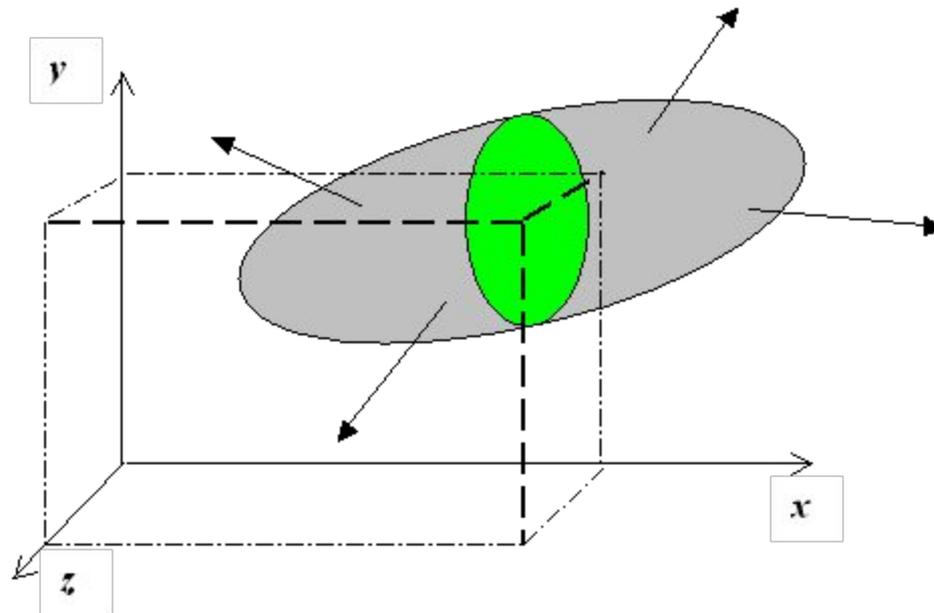
- В результате воздействия *внешней силы* на тело в нем возникают *внутренние силы*, определяющие необходимое взаимодействие между различными частями тела.

Существует способ, позволяющий внутренние силы в данном теле представить как внешние по отношению к выделенной части данного тела.

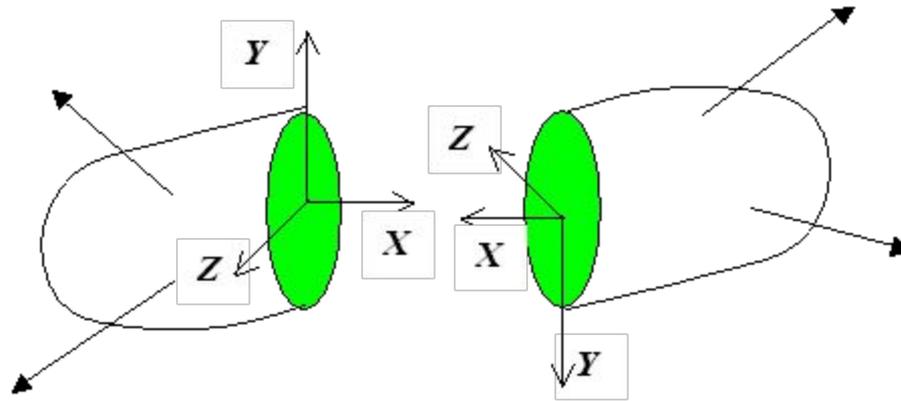
Этот способ известен как «*метод сечений*».
Рассмотрим суть метода.

Метод сечений

Допустим, что дано тело, нагруженное системой внешних сил. В системе координат x , y , z определим центр тяжести предполагаемого сечения тела. Проводим сечение тела выбранной плоскостью, проходящей через центр тяжести сечения.

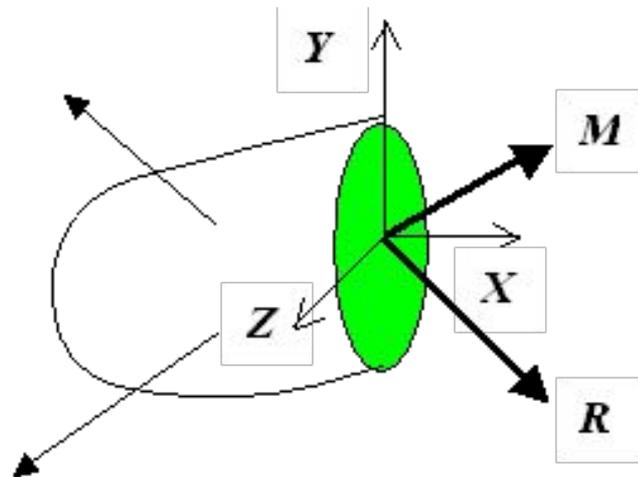


Метод сечений (продолжение 1)



Метод сечений (продолжение 2)

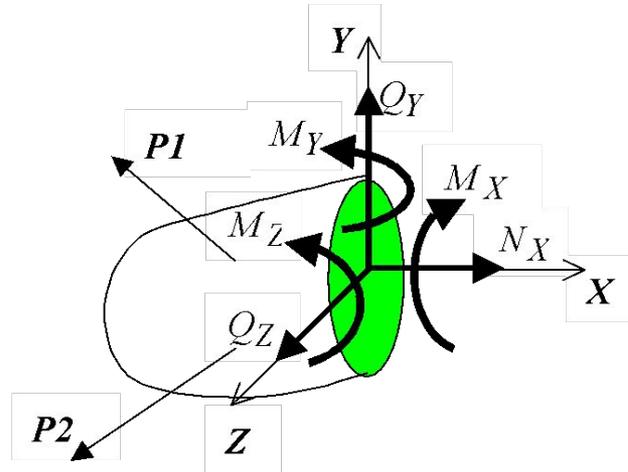
Отбросим одну из частей тела, например правую. Действие отброшенной части на оставшуюся правую заменим суммарной силой R и суммарным моментом M .



Метод сечений (продолжение 3)

Разложим суммарную силу R и суммарный момент M по координатным осям

$$\vec{R} = N_X + Q_Y + Q_Z \quad \vec{M} = M_X + M_Y + M_Z$$



Метод сечений (продолжение 4)

N_X - нормальная сила

M_X - крутящий момент

Q_Y - поперечная сила

M_Y - изгибающий момент

Q_Z - поперечная сила

M_Z - изгибающий момент

Эти внутренние силы и моменты находят из уравнений равновесия

$$\sum P_X^i + N_X = 0$$

$$\sum \text{mom} P_X^i + M_X = 0$$

$$\sum P_Y^i + Q_Y = 0$$

$$\sum \text{mom} P_Y^i + M_Y = 0$$

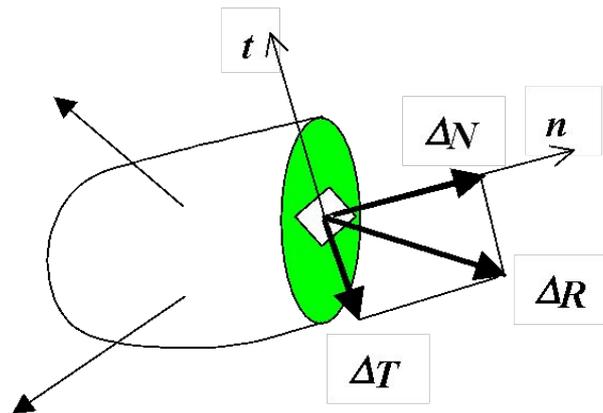
$$\sum P_Z^i + Q_Z = 0$$

$$\sum \text{mom} P_Z^i + M_Z = 0$$

Напряжения

Выделим в сечении площадку ΔF , на которую действует сила ΔR . Покажем на площадке нормаль n и ось t , которую получим вращением нормали n в плоскости $n - \Delta R$ против часовой стрелки. Разложим силу ΔR по осям n и t на составляющие ΔN

и ΔT :

$$\vec{\Delta R} = \vec{\Delta N} + \vec{\Delta T}$$


Введем понятие «напряжение».

Напряжения (продолжение 1)

Напряжение – это интенсивность распределения внутренних сил.

Определим полное напряжение P_n на площадке ΔF с нормалью n как

$$p_n = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta R}{\Delta F}$$

Напряжения (продолжение 2)

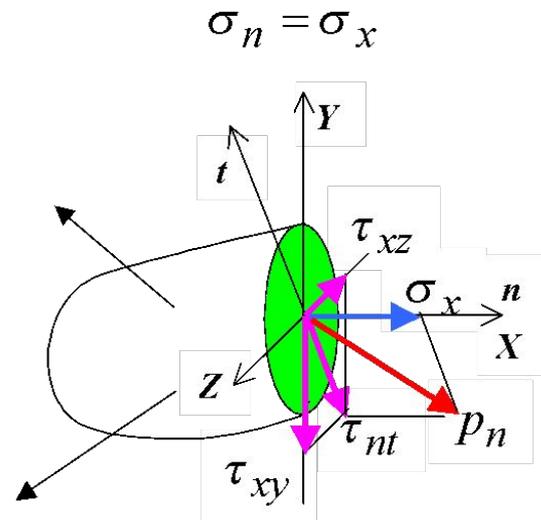
Аналогично определим нормальное напряжение σ_n на площадке ΔF , действующее в направлении нормали n и касательное напряжение τ_{nt} на площадке с нормалью n , действующее в направлении оси t :

$$\sigma_n = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta F}$$

$$\tau_{nt} = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} \frac{\Delta T}{\Delta F}$$

Напряжения (продолжение 3)

Если направление нормали n совпадает с направлением оси X ,
то



Касательное напряжение τ_{nt} можно разложить по осям Y и Z :

$$\vec{\tau}_{nt} = \vec{\tau}_{xy} + \vec{\tau}_{xz}$$