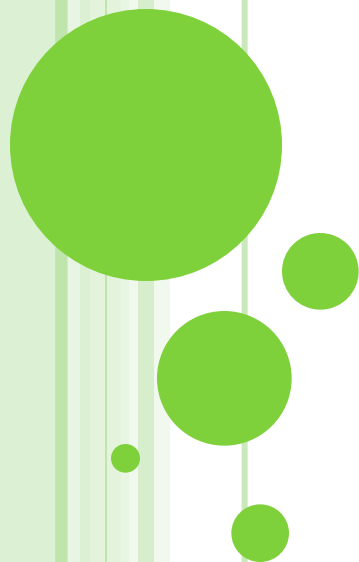


# ТЕМА 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И АКСИОМЫ СТАТИКИ

Лекция 1



# Структурно-логическая схема предмета

## «Техническая механика» - комплексная дисциплина

### Теоретическая механика:

общие законы движения и равновесия материальных точек и твердых тел

### Сопротивление материалов:

методы расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации

### Детали машин:

устройство, принцип действия, области применения, основы расчета и проектирования деталей машин и механизмов общего назначения

### Статика:

общие законы равновесия материальных точек и твердых тел

### Кинематика:

общие законы движения материальных точек и твердых тел *без учета* причин, вызывающих эти движение

### Динамика:

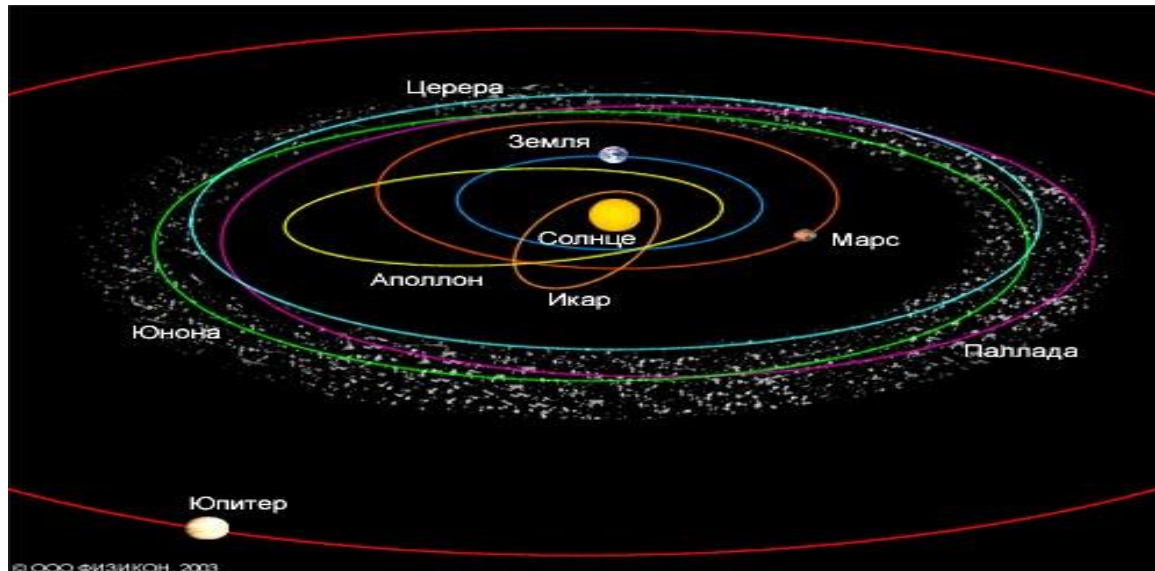
общие законы движения материальных точек и твердых тел *с учетом* причин, вызывающих эти движение



# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ СТАТИКИ

- ▣ **Материальная точка** – условно принятое тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием, на котором оно находится.
- ▣ **Абсолютно твердое тело** – условно принятое тело, которое не деформируется под действием внешних сил.

*все тела в механике  
считаются  
**абсолютно  
твердыми** – не  
разрушаются и не  
деформируются!*

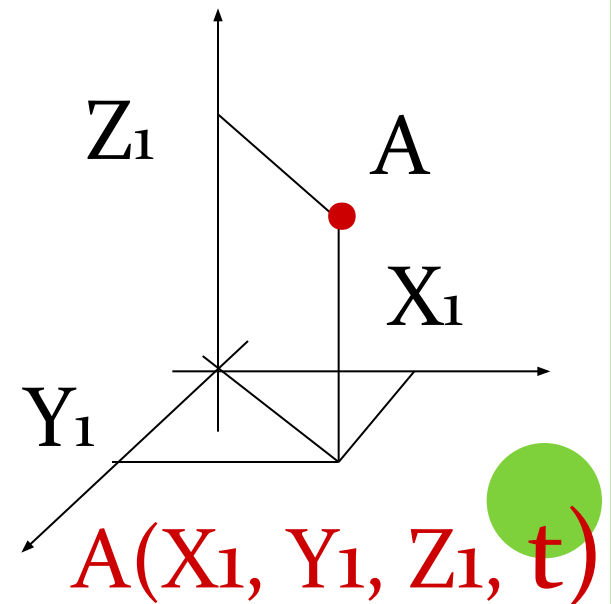
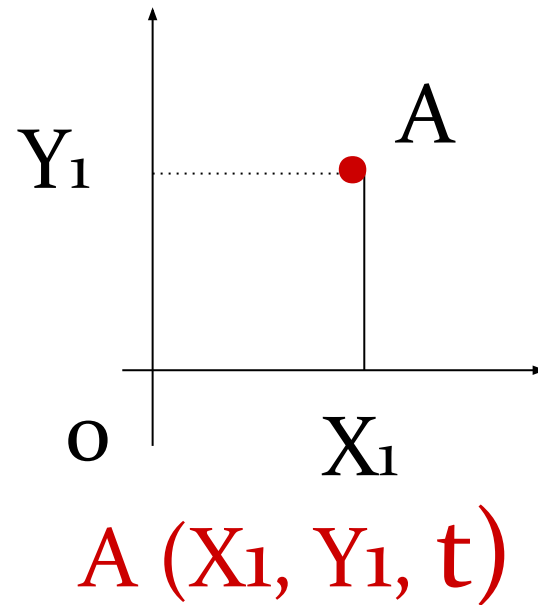
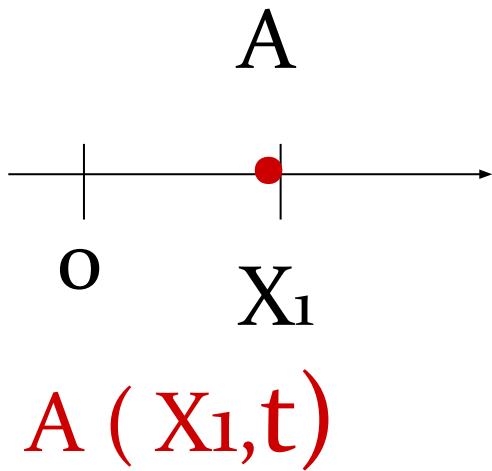


*Равновесие – это покой по отношению к  
выбранной системе отсчета !*

- Механическое движение относительно  
Покой и движение – понятия относительные!
- Для описания движения тела нужно указать, по отношению к какому телу рассматривается движение - это тело называют **телом отсчета**
- Система координат, связанная с телом отсчета, и часы для отсчета времени образуют **систему отсчета**, позволяющую определять положение движущегося тела в любой момент времени



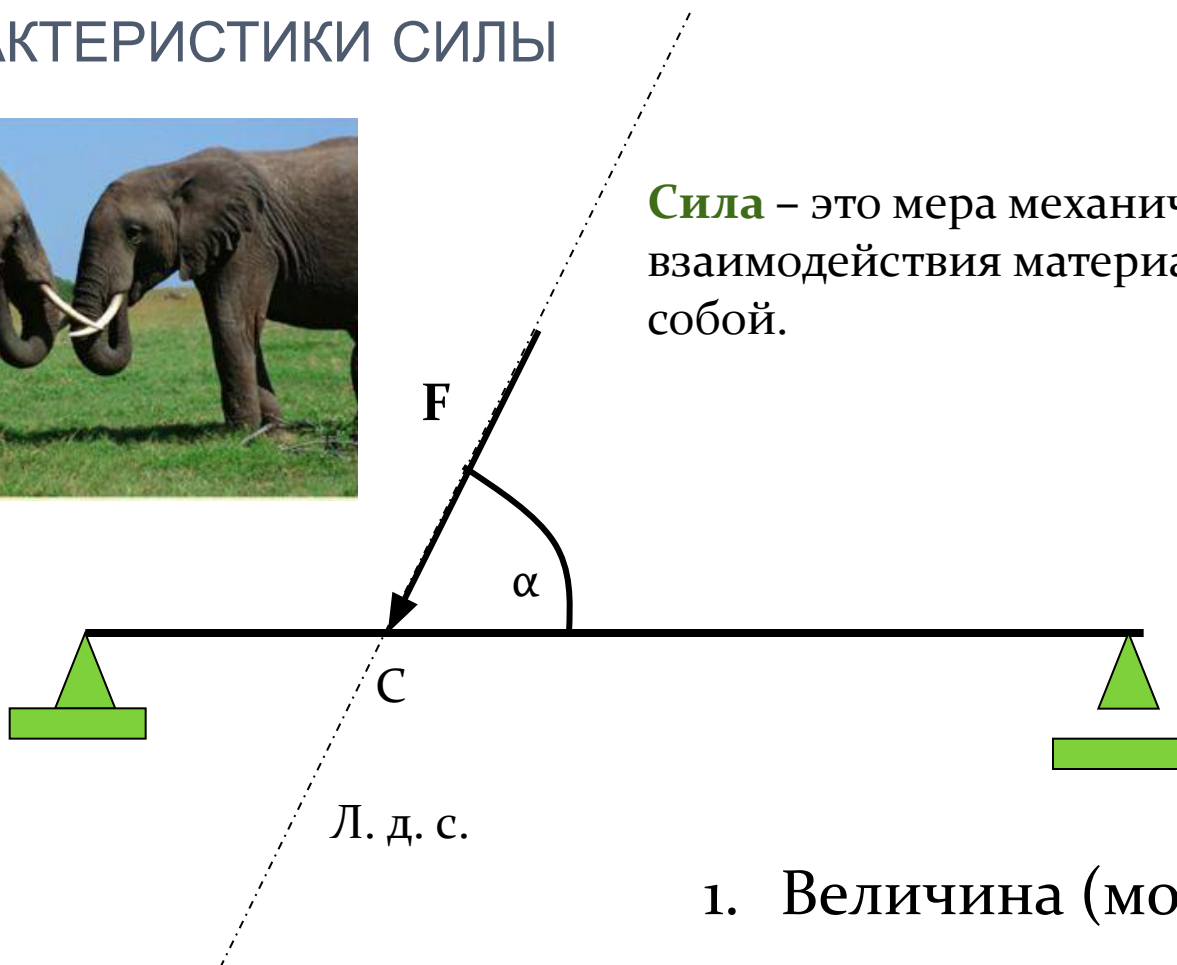
# ПОЛОЖЕНИЕ ТЕЛА В ПРОСТРАНСТВЕ



# ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛЫ

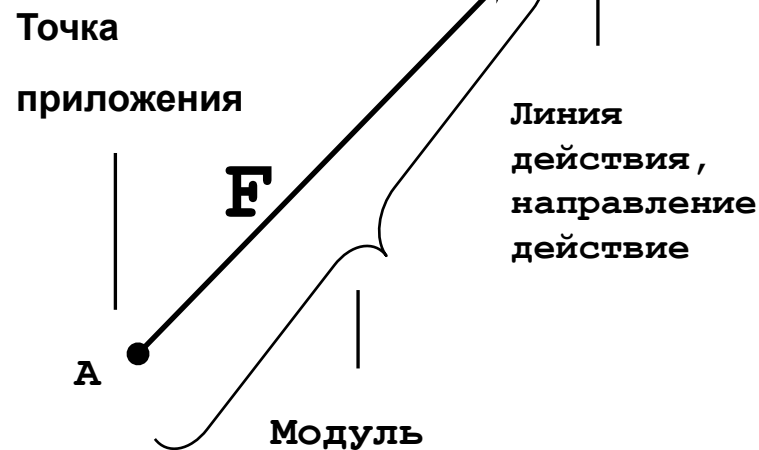
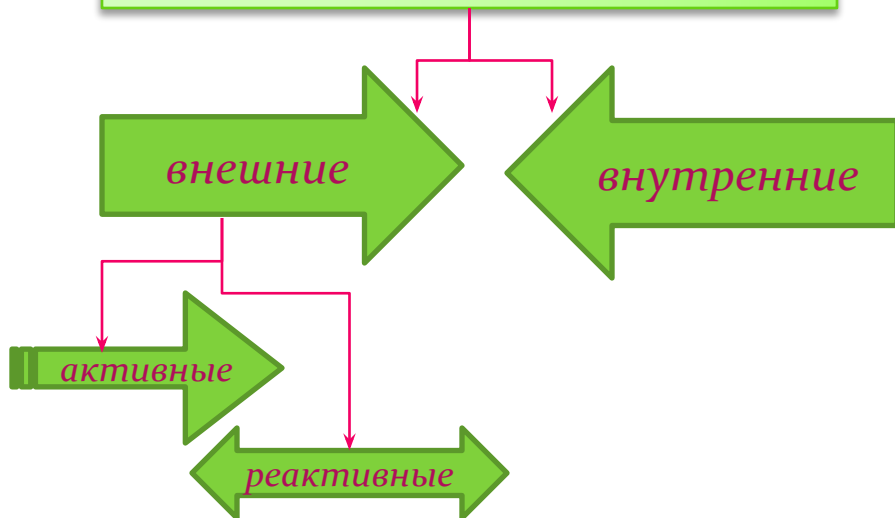


**Сила** – это мера механического взаимодействия материальных тел между собой.



1. Величина (модуль)
2. Точка приложения (т.С)
3. Линия действия (л.д.с.)
4. Направление (угол  $\alpha$ )

## СИЛА - величина векторная



$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$$

Совокупность сил, действующих на какое-либо тело, называют **системой сил**.

**Эквивалентная** система сил – действующая так же, как заданная.

**Уравновешенной** (эквивалентной нулю) системой сил называется такая система, которая не изменяет его состояния.

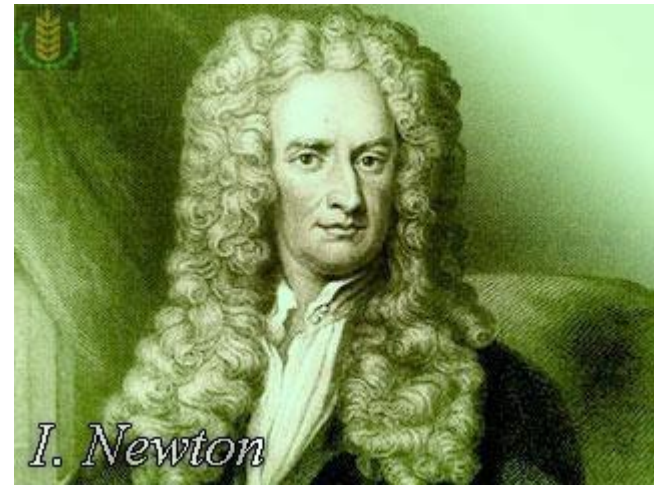
Систему сил, действующих на тело, можно заменить одной

**равнодействующей силой**, действующей так же, как исходная система сил.

# АКСИОМЫ СТАТИКИ

*Исаак Ньютон (Isaac Newton) - английский физик, математик, механик и астроном, один из создателей классической физики. Автор фундаментального труда "Математические начала натуральной философии", в котором он изложил закон всемирного тяготения и три закона механики, ставшие основой классической механики.*

*И. Ньютон заложил фундамент теории цвета и физической оптики, разработал дифференциальное и интегральное исчисления, создал многие другие математические и физические теории, не потерявшие актуальность и в настоящее время. Сложно переоценить вклад этого гения в развитие естественных наук.*



Как мы уже знаем, статика изучает условия, при которых тело или материальная точка находятся в равновесии.

При решении задач статики принимают без доказательств некоторые положения, подтвержденные опытным путем, которые называют аксиомами статики. Основные аксиомы статики были сформулированы английским ученым **И. Ньютоном** (1642-1727), и поэтому названы его именем.

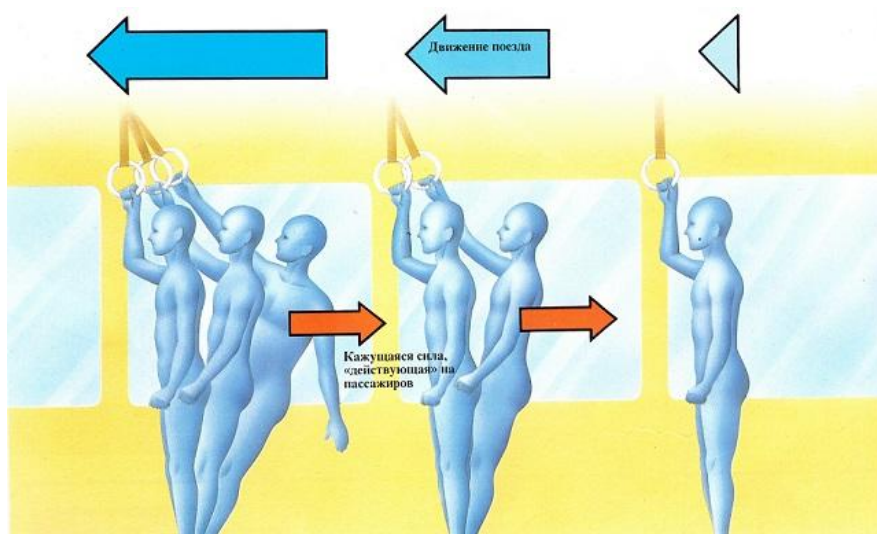




# ПЕРВАЯ АКСИОМА

Под действием уравновешенной системы сил абсолютно твердое тело или материальная точка находятся в равновесии или движутся равномерно и прямолинейно (закон инерции)

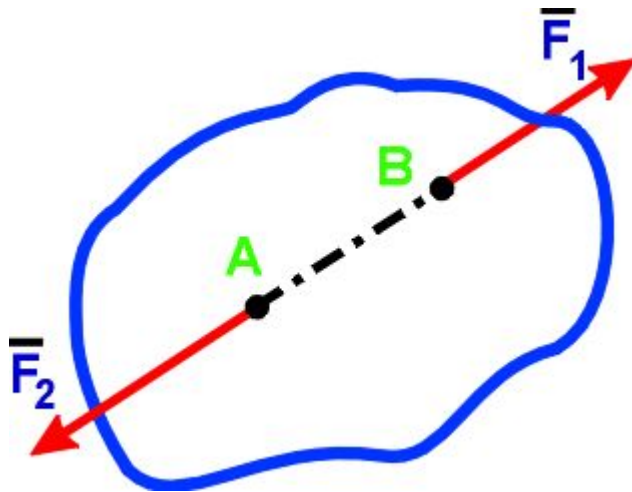
$$F_{\Sigma} = \Sigma F_i = 0$$



- **Инер́ция** (от лат. *inertia* — бездеятельность, косность)
- ***Инерция*** – это физическое явление.



## ВТОРАЯ АКСИОМА



Две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в разные стороны, уравниваются

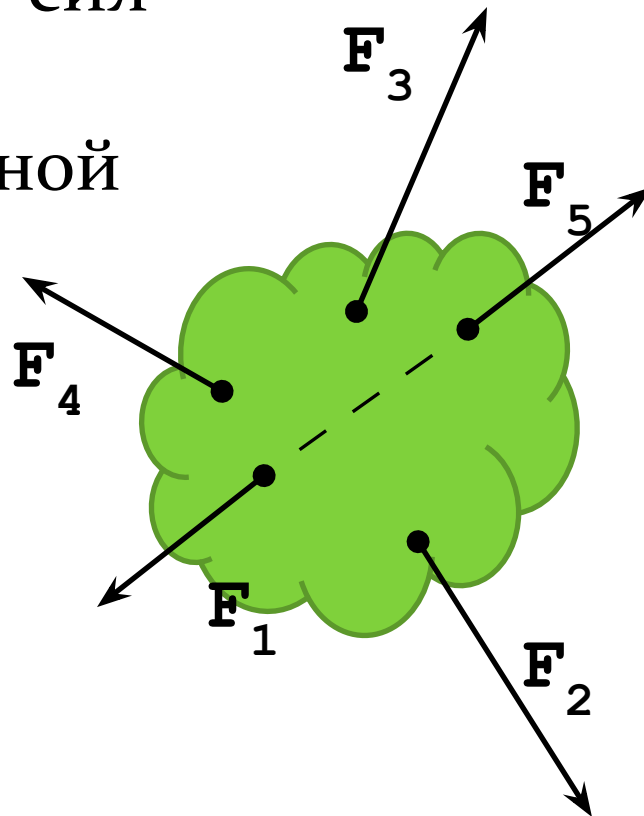
$$|F_1| = -|F_2|$$



## ТРЕТЬЯ АКСИОМА

Не нарушая механического состояния тела, можно добавить или убрать уравновешенную систему сил (принцип отбрасывания системы сил, эквивалентной нулю)

$$|F_1| = -|F_5|$$

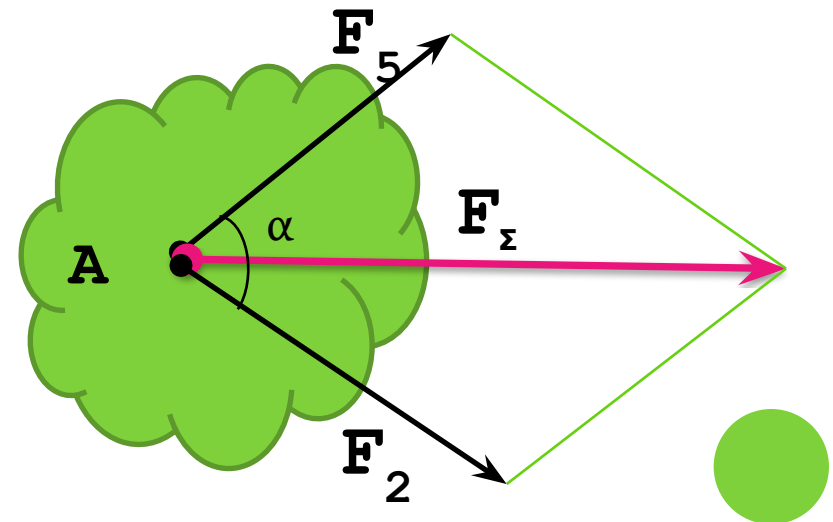


# ЧЕТВЕРТАЯ АКСИОМА (ПРАВИЛО ПАРАЛЛЕЛОГРАММА СИЛ)

Равнодействующая двух сил, приложенных в одной точке, приложена в той точке и является диагональю параллелограмма, построенного на этих силах как сторонах.

Вместо *параллелограмма* можно построить *треугольник сил*: силы вычерчивают одну за другой в любом порядке; равнодействующая двух сил соединяет начало первой силы с концом второй.

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_2^2 + F_5^2 + 2F_2F_5\cos\alpha}$$

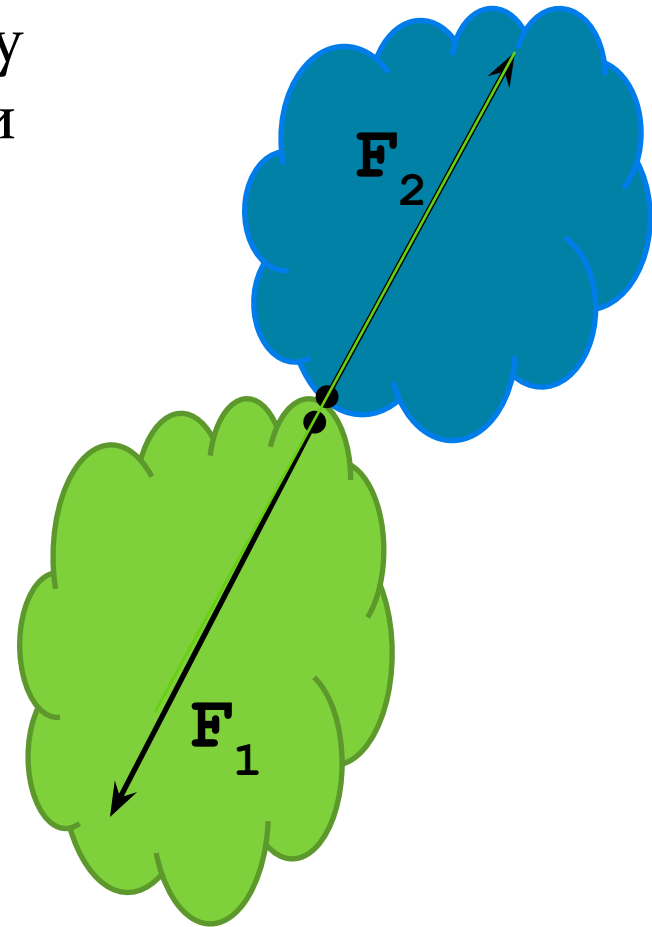


## ПЯТАЯ АКСИОМА

При взаимодействии тел всякому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие.

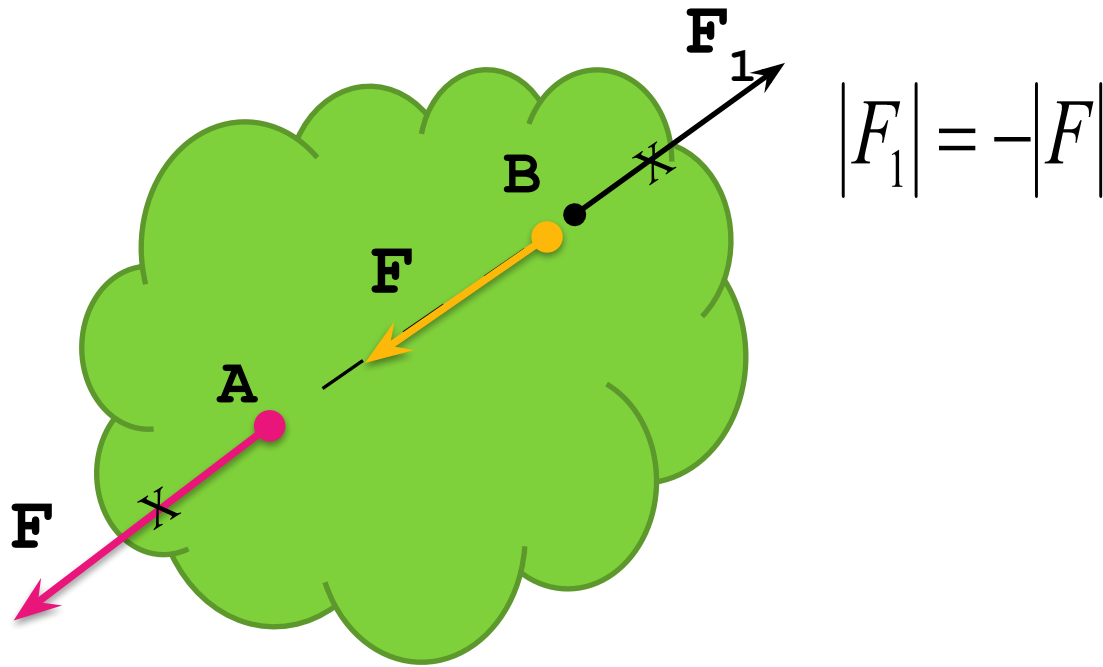
Силы действующие и противодействующие всегда приложены к разным телам, поэтому они не уравниваются.

Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, всегда равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в разные стороны.



## СЛЕДСТВИЕ ИЗ ВТОРОЙ И ТРЕТЬЕЙ АКСИОМ

Силу, действующую на твердое тело, можно перемещать вдоль линии ее действия .



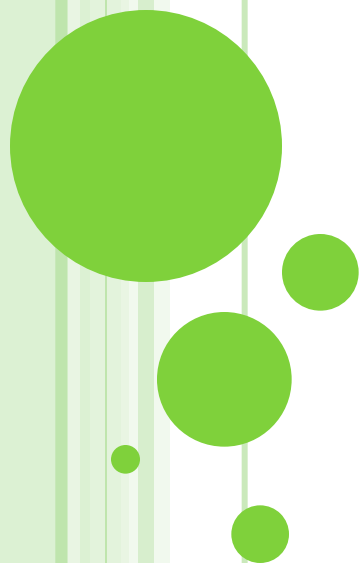
## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ —

- подготовка электронной презентации на тему «Великие ученые-механики»



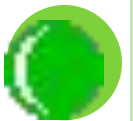
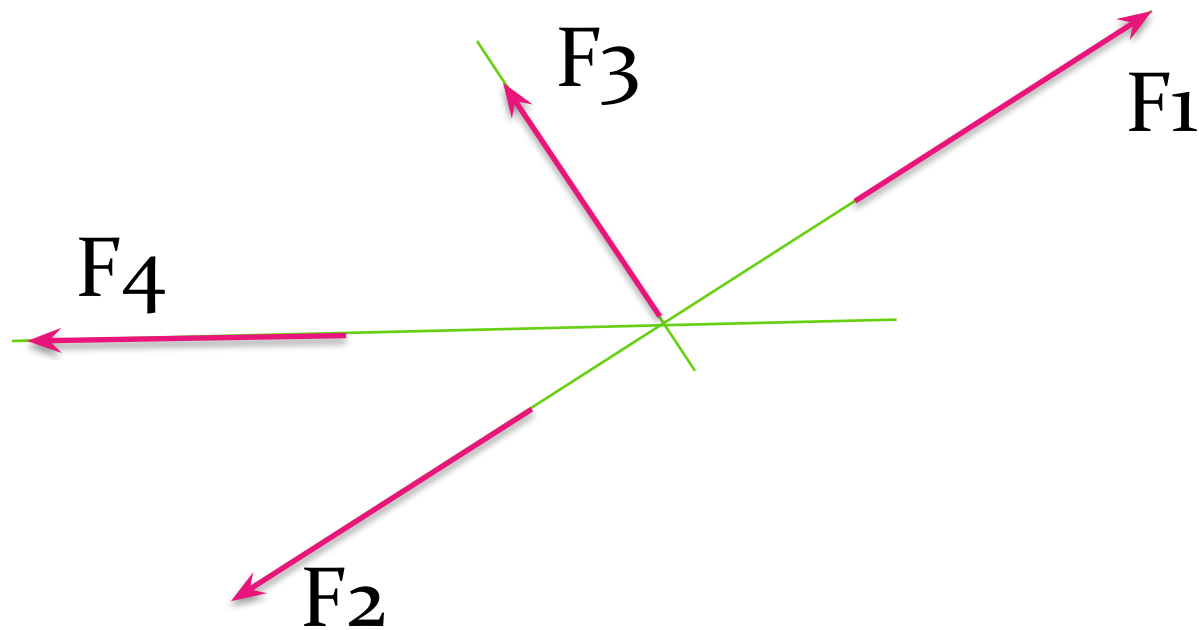
# ТЕМА 1.2. ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СХОДЯЩИХСЯ СИЛ (ПССС)

Лекция 2

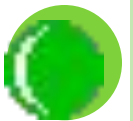
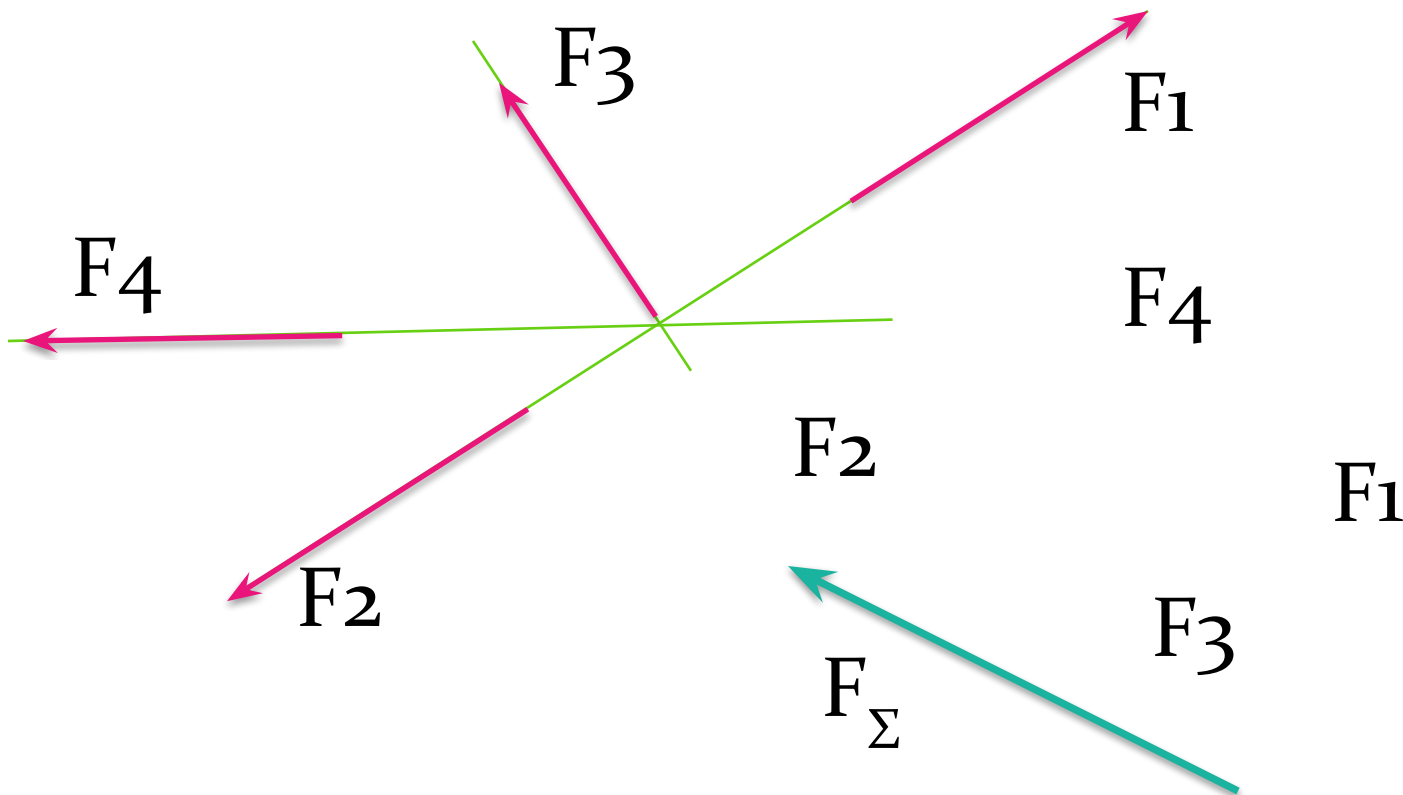




**Плоская система сходящихся сил (ПССС)** - система сил, линии действия которых пересекаются в одной точке.

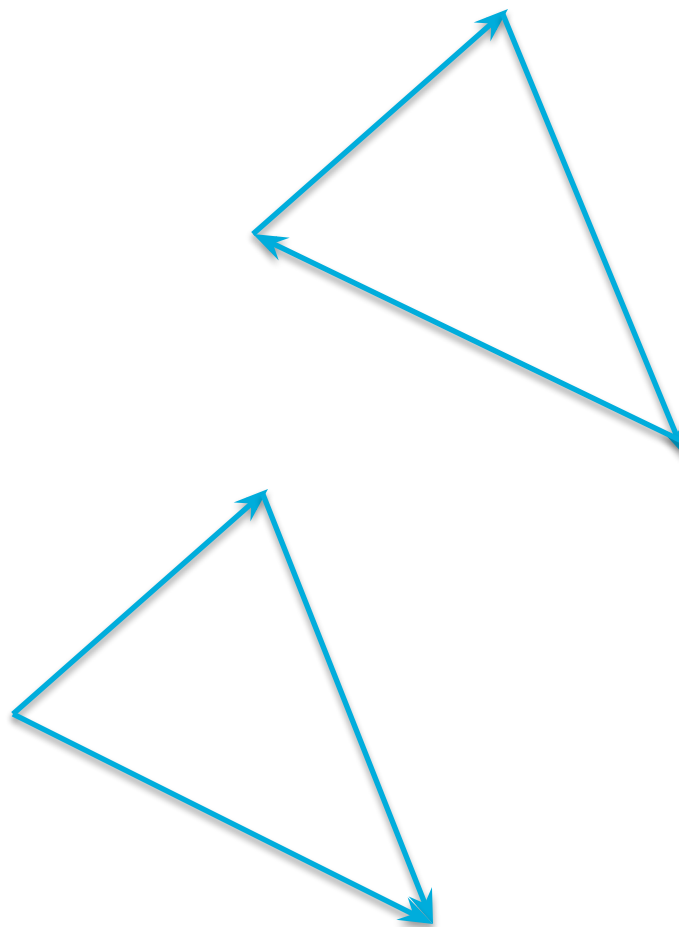


# ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПССС

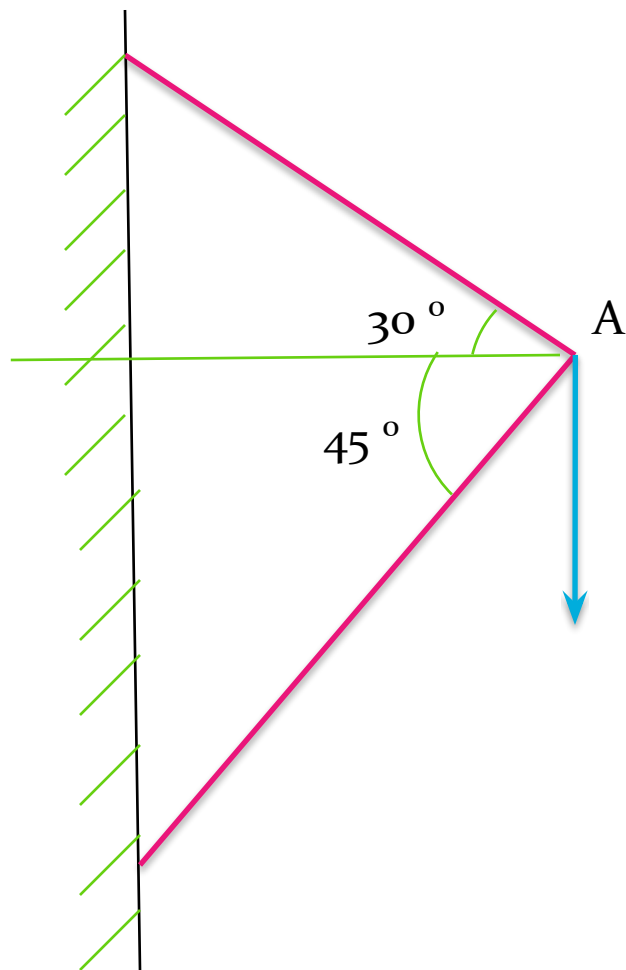


# УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ПССС

Если ПССС находится в равновесии, то многоугольник сил этой системы должен быть **замкнут**.



# ПРИМЕР



Теорема синусов

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

$$\frac{F}{\sin 75^{\circ}} = \frac{R_1}{\sin 60^{\circ}} = \frac{R_2}{\sin 45^{\circ}}$$

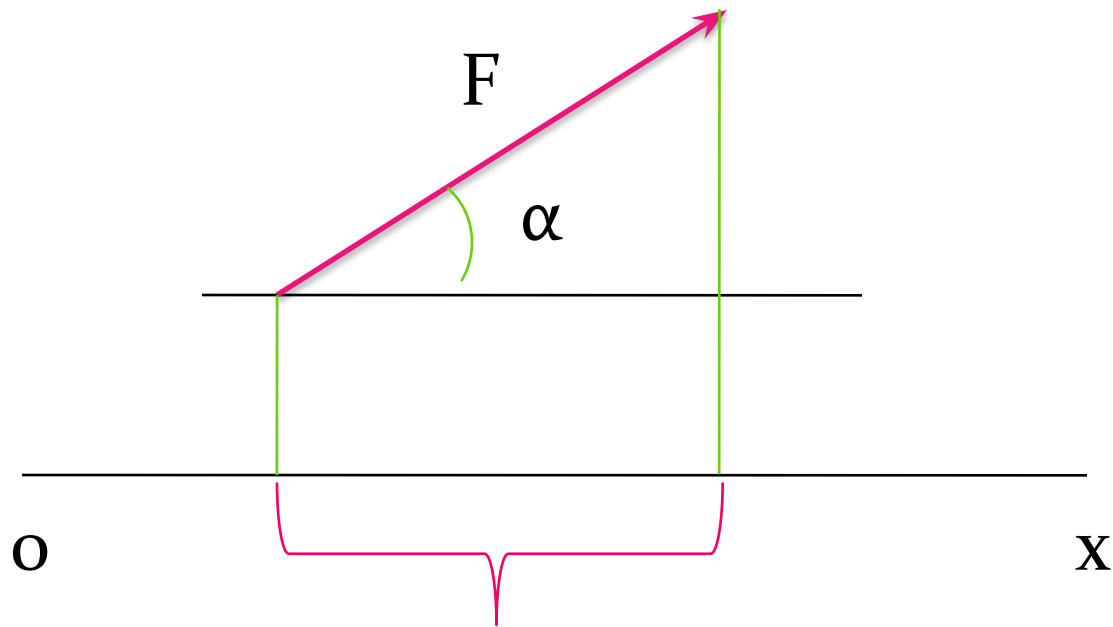
$F=10$  кН

$$\frac{F}{\sin 75^{\circ}} = \frac{R_1}{\sin 60^{\circ}} \quad R_1 = \frac{F \sin 60^{\circ}}{\sin 75^{\circ}}$$

$$\frac{F}{\sin 75^{\circ}} = \frac{R_2}{\sin 45^{\circ}} \quad R_2 = \frac{F \sin 45^{\circ}}{\sin 75^{\circ}}$$



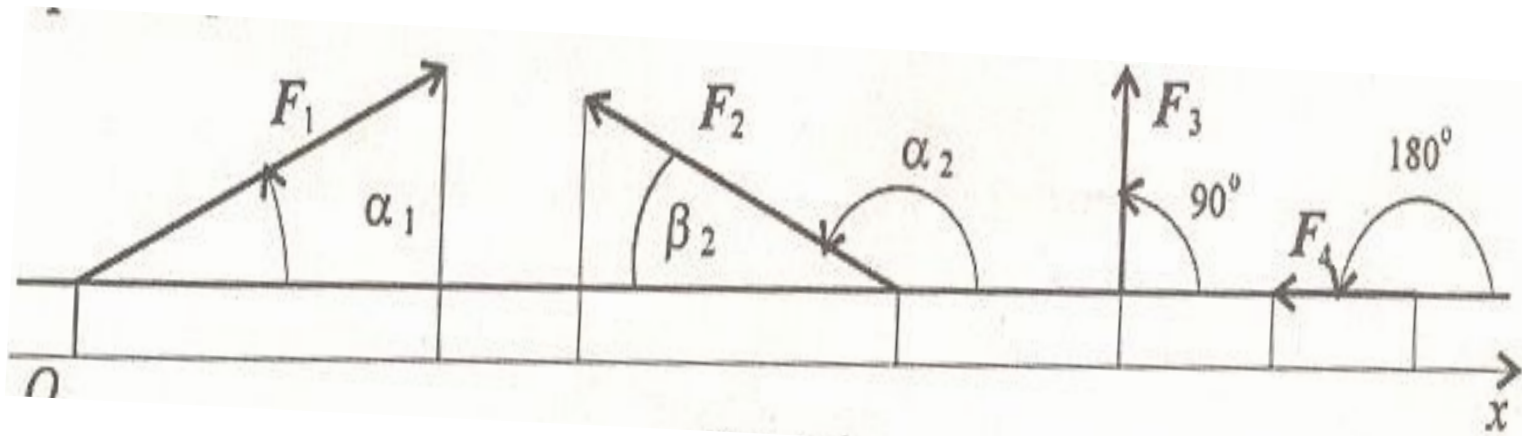
# ПРОЕКЦИЯ СИЛЫ НА ОСЬ



$$F_x = F \cos \alpha$$

*Величина проекции силы на ось равна произведению модуля силы на косинус угла между вектором силы и положительным направлением оси.*

ПРОЕКЦИЯ ИМЕЕТ ЗНАК: **ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ** ПРИ ОДИНАКОВОМ НАПРАВЛЕНИИ ВЕКТОРА СИЛЫ И ОСИ И **ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ** ПРИ НАПРАВЛЕНИИ В СТОРОНУ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ПОЛУОСИ



$$F_{1x} = F_1 \cos \alpha_1 > 0; \quad F_{2x} = F_2 \cos \alpha_2 = -F_2 \cos \beta_2;$$

$$\cos \alpha_2 = \cos(180^\circ - \beta_2) = -\cos \beta_2$$

$$F_{3x} = F_3 \cos 90^\circ = 0; \quad F_{4x} = F_4 \cos 180^\circ = -F_4.$$

# ПРОЕКЦИЯ СИЛЫ НА ДВЕ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ОСИ

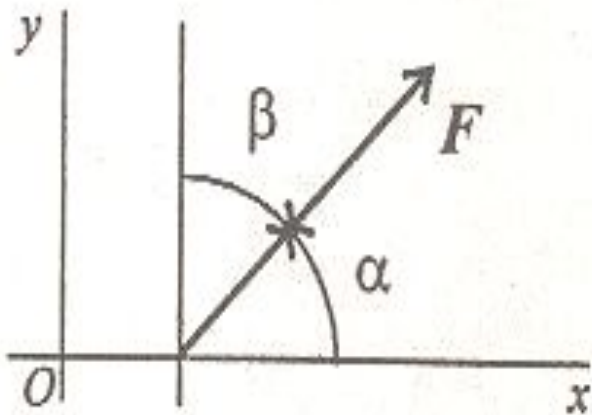


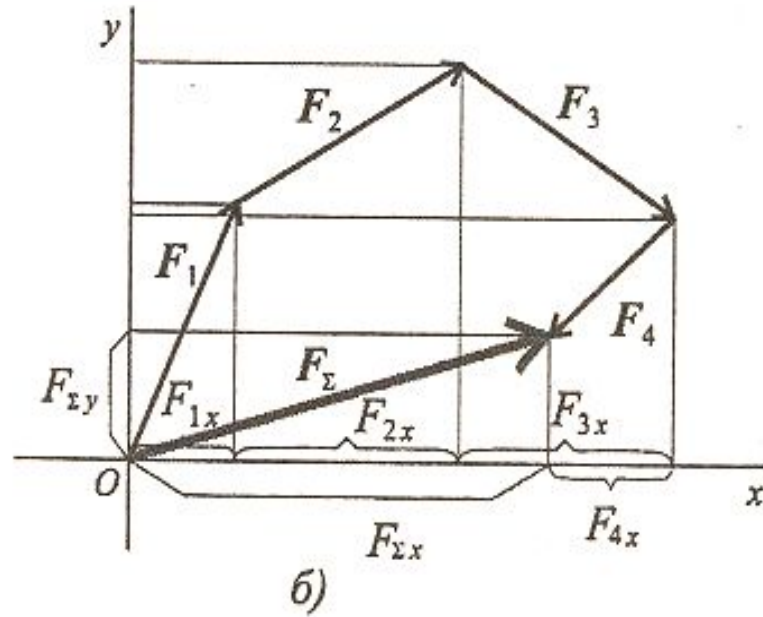
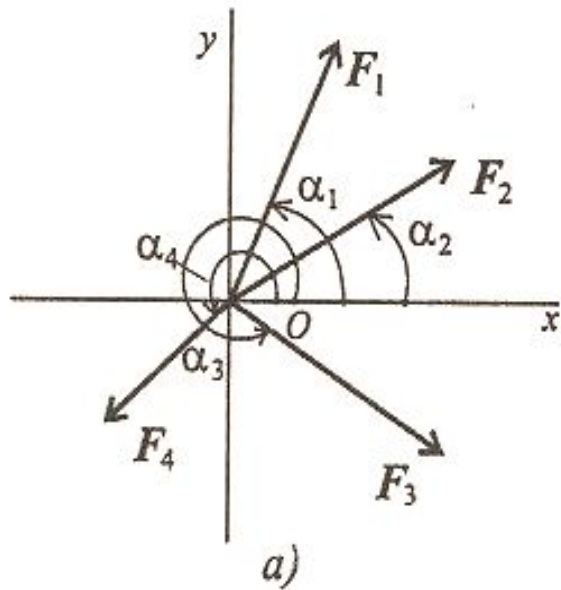
Рис. 3.3

$$F_x = F \cos \alpha > 0;$$

$$F_y = F \cos \beta = F \sin \alpha > 0.$$



# АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПССС



$$F_{\Sigma x} = F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + F_{4x}; \quad F_{\Sigma y} = F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + F_{4y};$$

$$F_{\Sigma x} = \sum_0^n F_{kx}; \quad F_{\Sigma y} = \sum_0^n F_{ky}.$$



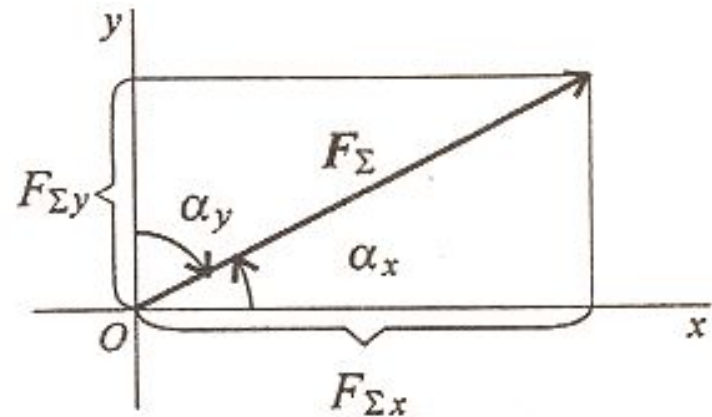


## Модуль (величина) равнодействующей

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}$$

Направление вектора равнодействующей можно определить по величинам и знакам косинусов углов, образуемых равнодействующей с осями координат

$$\cos \alpha_x = \frac{F_{\Sigma x}}{F_{\Sigma}}$$
$$\cos \alpha_y = \frac{F_{\Sigma y}}{F_{\Sigma}}$$



# УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ФОРМЕ

Исходя из того, что равнодействующая равна нулю

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2} \implies \begin{cases} F_{\Sigma x} = \sum F_{kx} = 0; \\ F_{\Sigma y} = \sum F_{ky} = 0. \end{cases}$$
$$F_{\Sigma} = 0.$$

Плоская система сходящихся сил находится в равновесии, если алгебраическая сумма проекций всех сил системы на любую ось равна нулю.



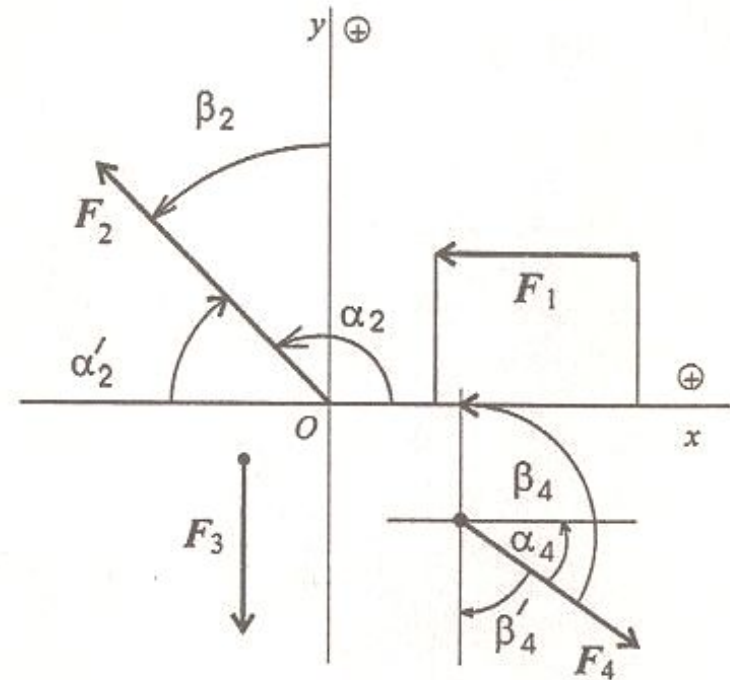
## СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ ПССС:

$$\begin{cases} \sum_0^n F_{kx} = 0; \\ \sum_0^n F_{ky} = 0. \end{cases}$$

В задачах координатные оси выбирают так, чтобы решение было наиболее простым. Желательно, чтобы хотя бы одна неизвестная сила совпадала с осью координат.



# ПРИМЕР 1. ОПРЕДЕЛИТЬ ВЕЛИЧИНЫ И ЗНАКИ ПРОЕКЦИЙ



**ПРИМЕР 2.** ОПРЕДЕЛИТЬ ВЕЛИЧИНУ И НАПРАВЛЕНИЕ РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СХОДЯЩИХСЯ СИЛ АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.



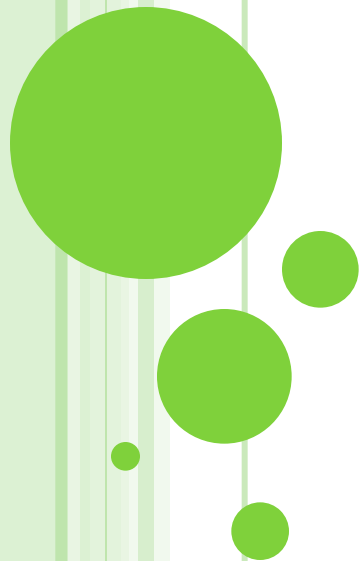
## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ —

- выполнение расчетно-графической работы по теме «Плоская система сходящихся сил»

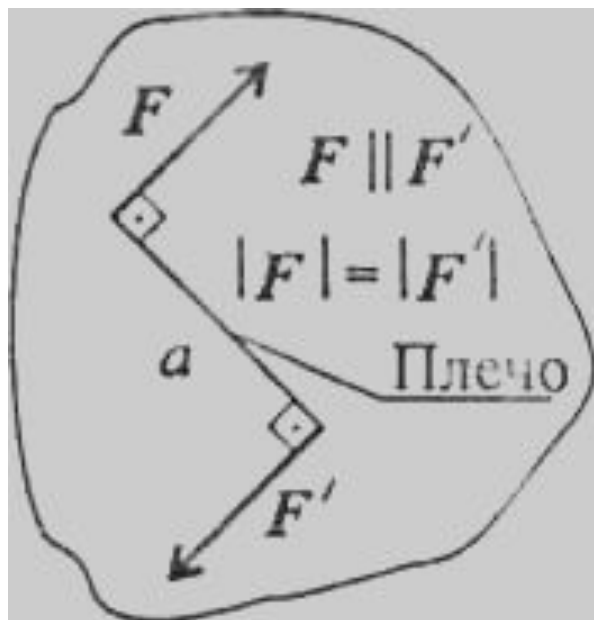


# ТЕМА 1.3. ПАРА СИЛ И МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ

Лекция 3



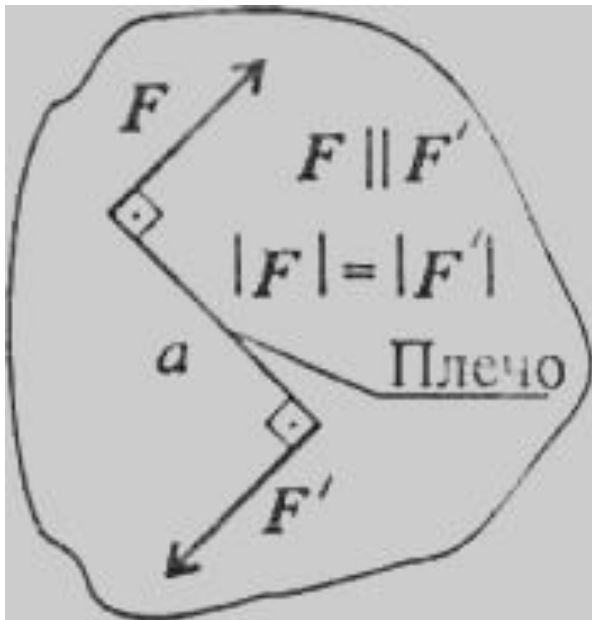
# ПАРА СИЛ -



- система двух сил, равных по модулю, параллельных и направленных в противоположные стороны.
- пара сил вызывает вращение тела и ее действие на тело оценивается **МОМЕНТОМ**.
- силы, входящие в пару, не уравниваются. Их действие на тело не может быть заменено одной силой (равнодействующей).



$$M(F;F') = F \cdot a; M > 0$$



- Момент пары сил численно равен произведению модуля силы на расстояние между линиями действия сил (*плечо пары*)



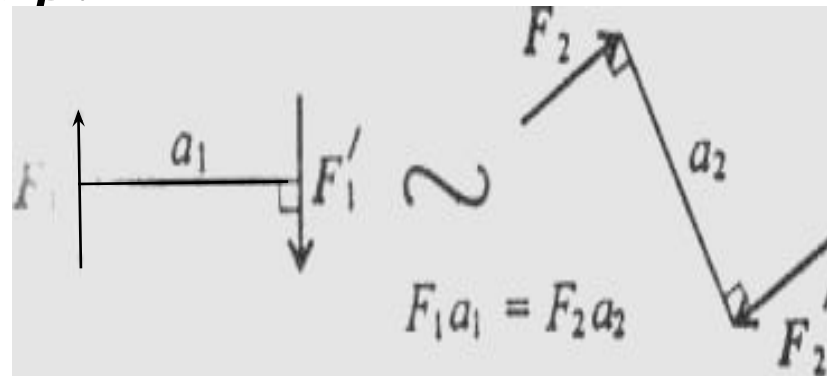


# СВОЙСТВА ПАР

(БЕЗ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ):

- Пару сил можно перемещать в плоскости ее действия.
- *Эквивалентность пар.*

Две пары, моменты которых равны, эквивалентны.



# СВОЙСТВА ПАР

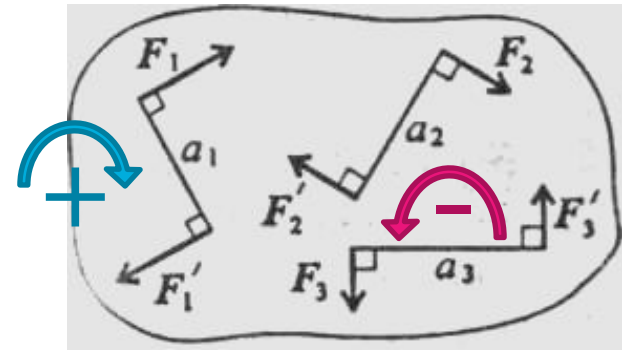
(БЕЗ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ):

□ *Сложение пар сил.*

Систему пар сил можно  
заменить

**равнодействующей парой.**

□ *Равновесие пар.* Для  
равновесия пар  
необходимо и достаточно,  
чтобы алгебраическая  
сумма моментов пар  
системы равнялась нулю



$$M_{\Sigma} = F_1 a_1 + F_2 a_2 + F_3 a_3 + \dots + F_n a_n;$$

$$M_{\Sigma} = \sum m_k$$

$$M_{\Sigma} = 0;$$

$$\sum m_k = 0$$

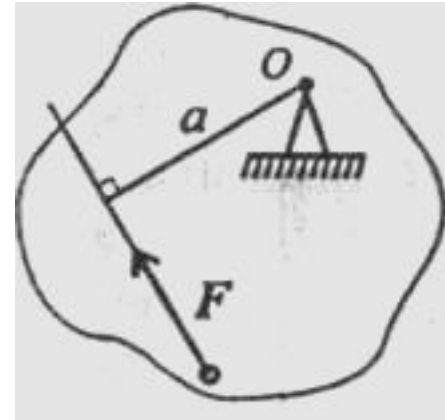


# МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ

- Сила, не проходящая через точку крепления тела, вызывает вращение тела относительно точки, поэтому действие такой силы на тело оценивается

**моментом.**

- **Момент силы** относительно точки численно равен произведению модуля силы на расстояние от точки до линий действия силы. Перпендикуляр, опущенный из точки на линию действия силы, называется **плечом силы.**



$$m_o(F) = F \cdot a, \text{ Н}\cdot\text{м}$$

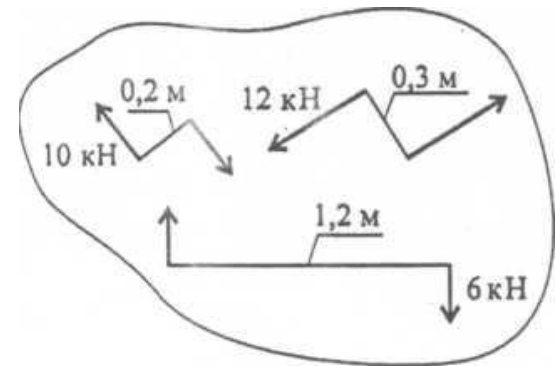
Момент силы относительно точки равен нулю, если линия действия силы проходит через точку, т. к. в этом случае расстояние от точки до силы равно нулю.



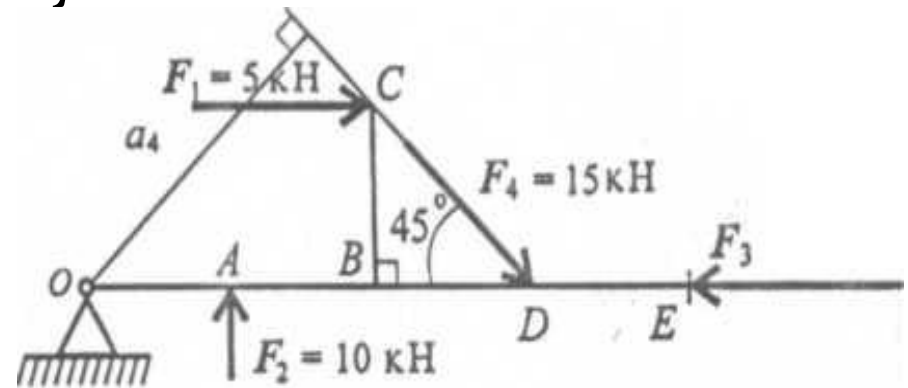
## ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

- **Пример 1.** Дана пара сил  $|F_1| = |F_2| = 42 \text{ кН}$ ; плечо 2 м. Заменить заданную пару сил эквивалентной парой с плечом 0,7 м.

- **Пример 2.** Дана система пар сил. Определить момент результирующей пары.



- **Пример 3.** Рассчитать сумму моментов сил относительно точки O.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ —

- решение задач по теме «Пара сил и момент силы относительно точки»



# РЕАКЦИИ СВЯЗЕЙ

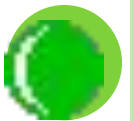
## Основные понятия:

**Свободное тело** - тело, перемещение которого ничем не ограничено.

**Несвободное тело** – тело, перемещение которого ограничено другими телами.

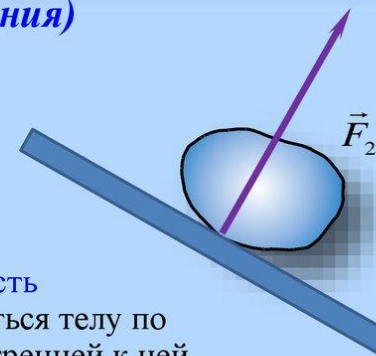
**Связь** – тело, ограничивающее перемещение других тел.

**Реакция связи** – сила, с которой связь действует на тела.

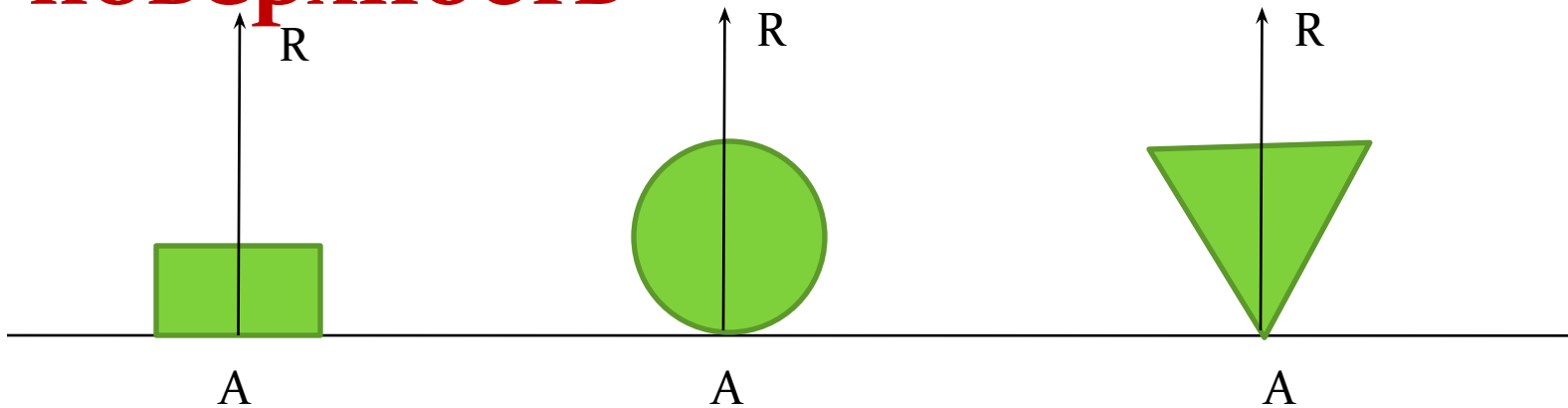


# Виды связей: Идеально гладкая поверхность

(поверхность без трения)

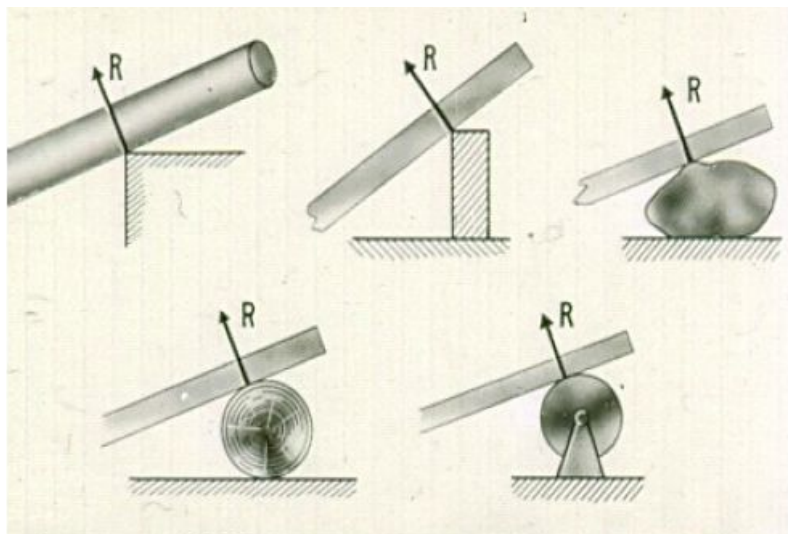
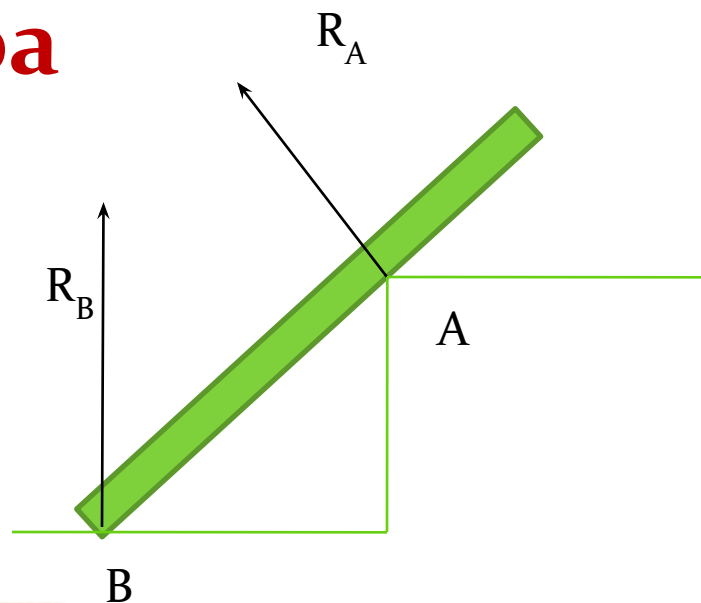


Гладкая поверхность не дает перемещаться телу по направлению внутренней к ней нормали. Следовательно реакция связи направлена по внешней нормали к гладкой поверхности.



# Виды связей:

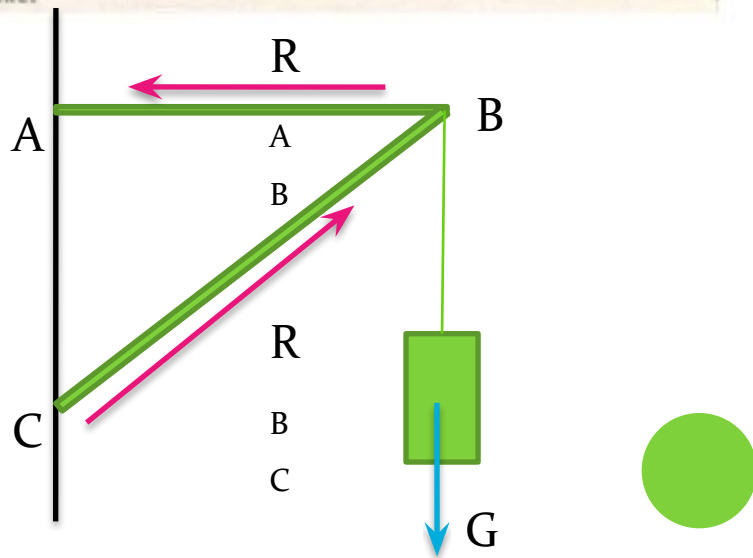
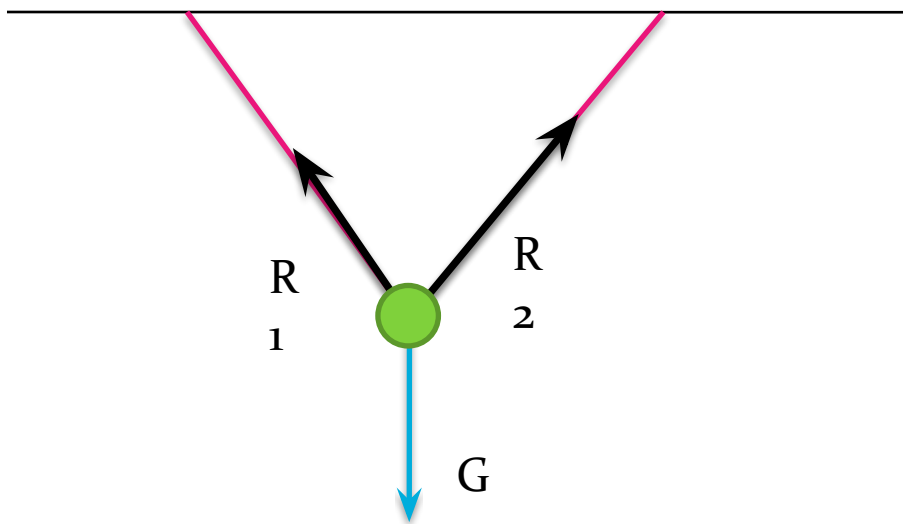
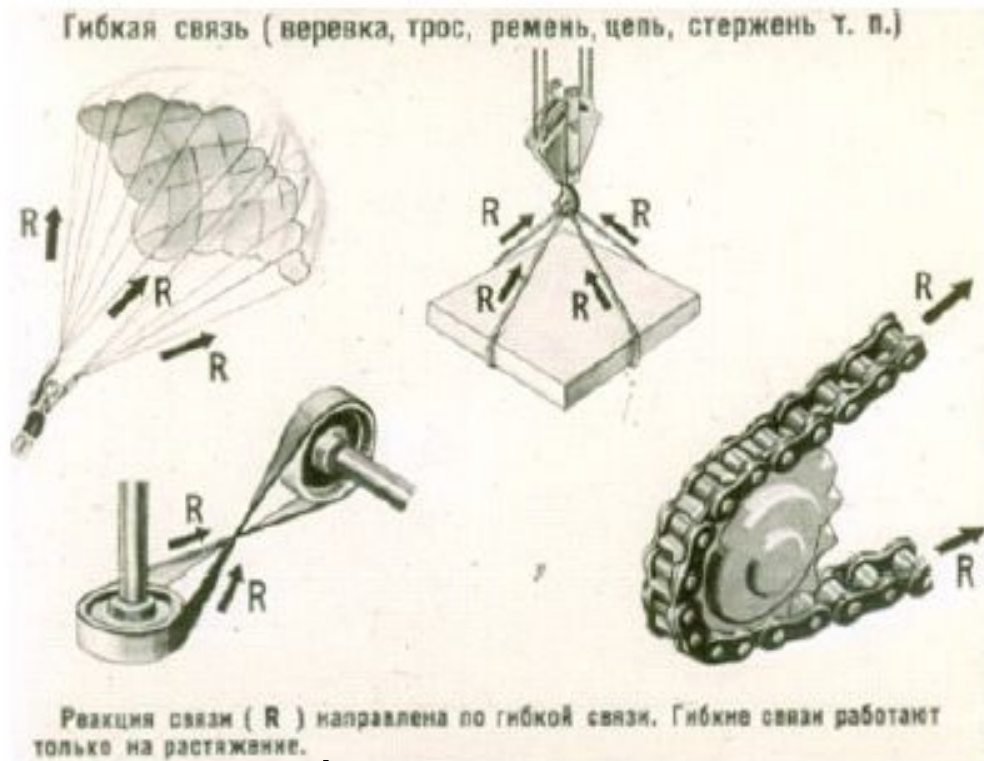
## Точечная опора





# Виды связей:

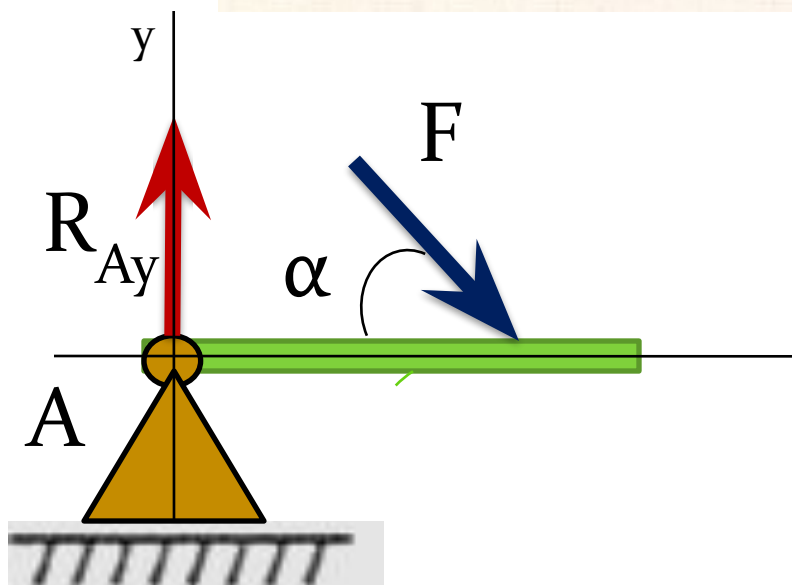
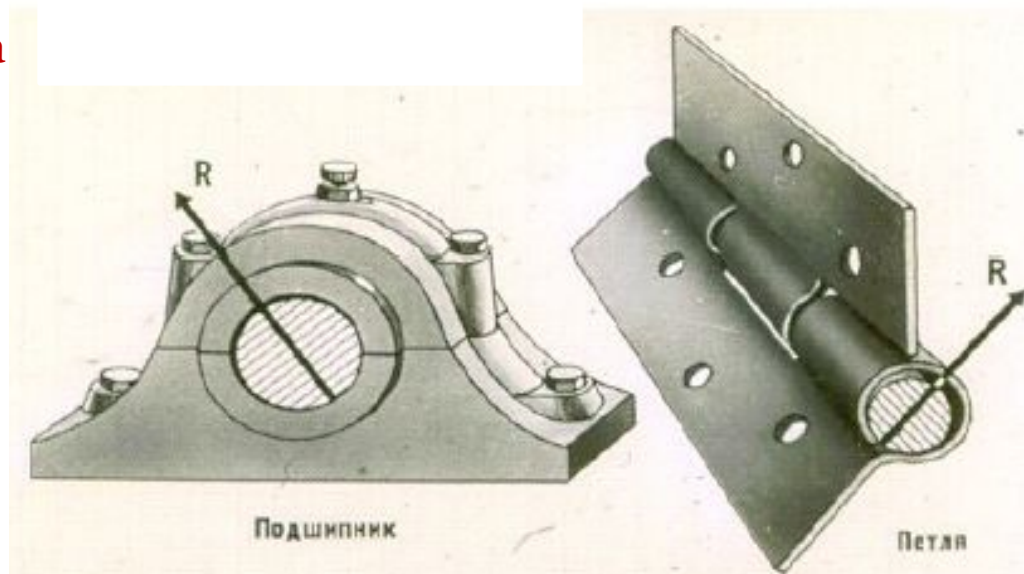
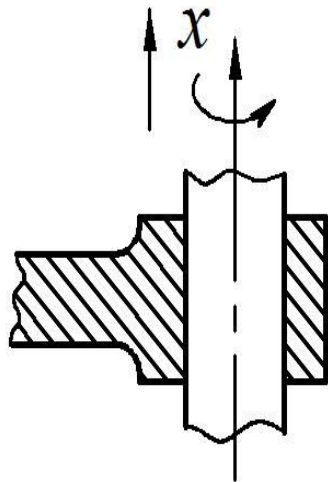
- Идеальная (нерастяжимая, гибкая) нить
- Идеальный (несгибаемый) стержень



# ШАРНИРНАЯ ОПОРА

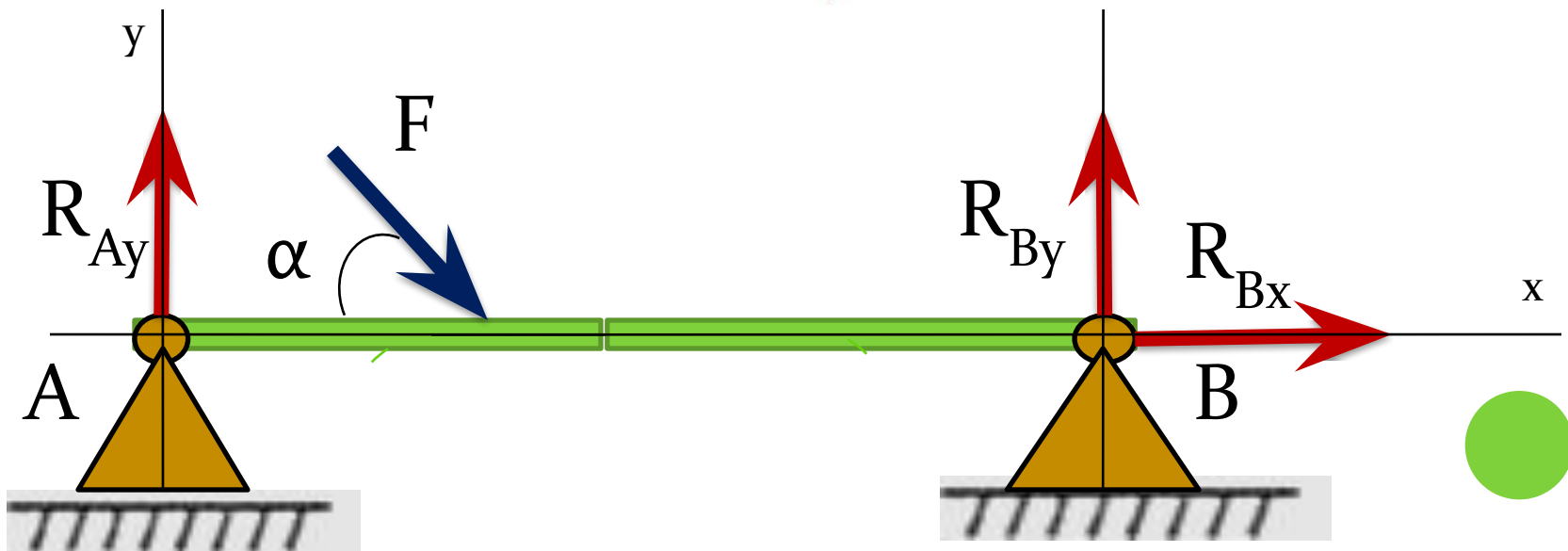
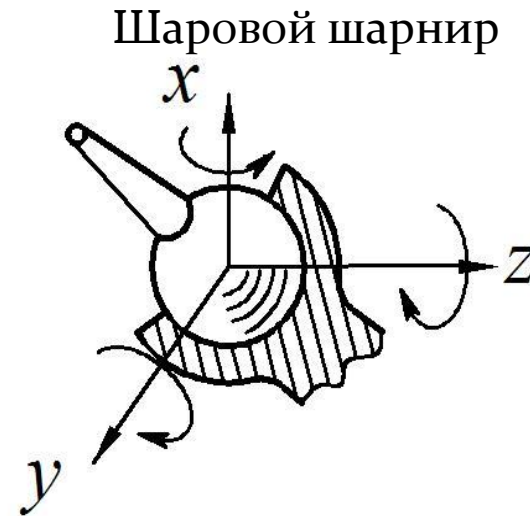
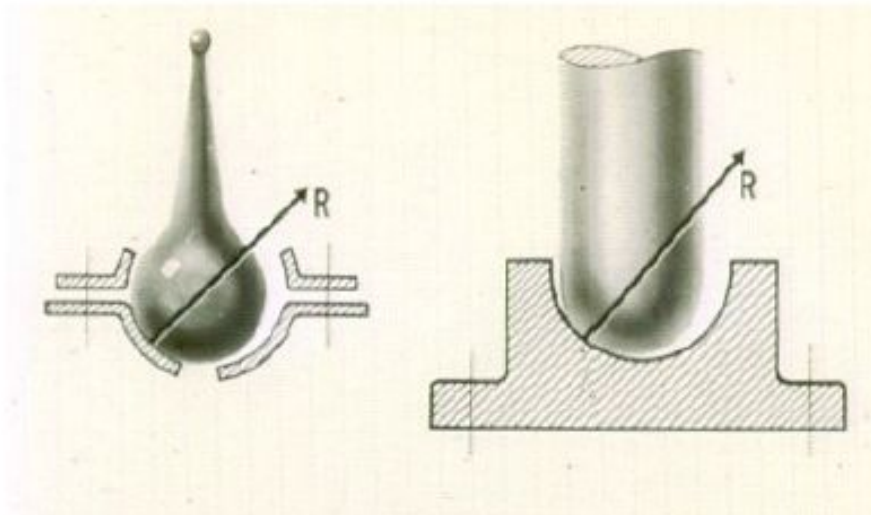
## Шарнирно-подвижная опора

Цилиндрический шарнир

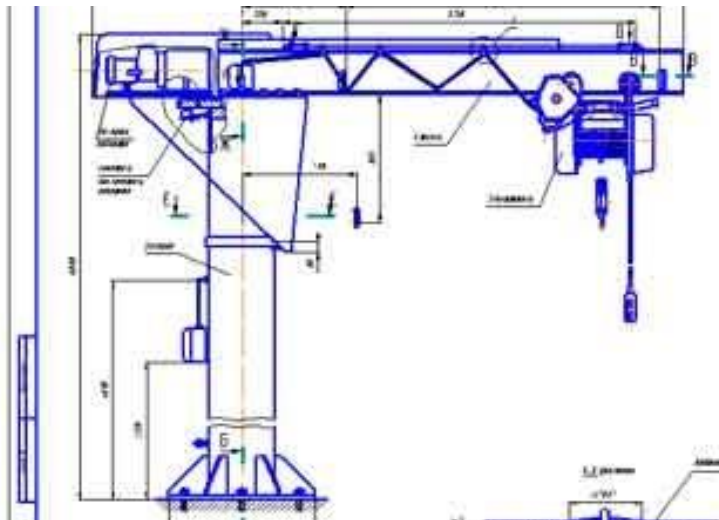
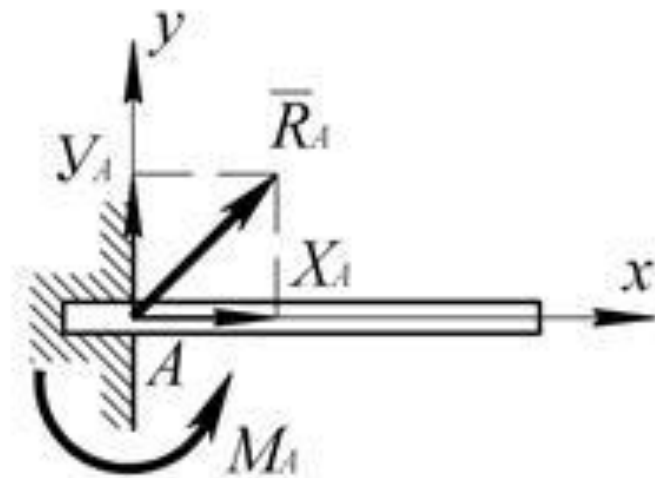
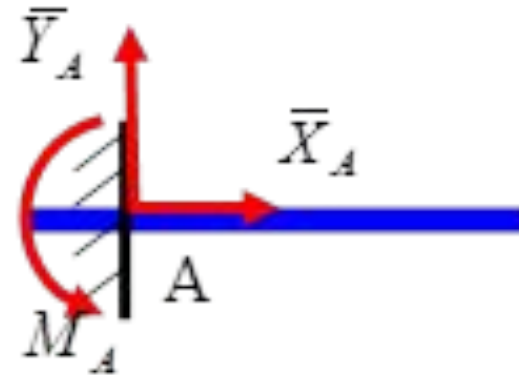
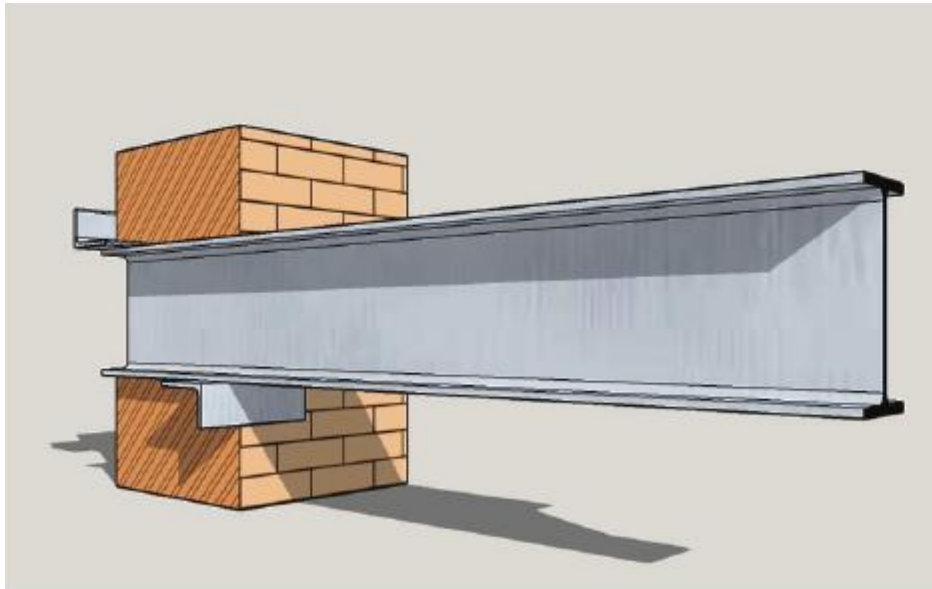


# ШАРНИРНАЯ ОПОРА

## Шарнирно-неподвижная опора

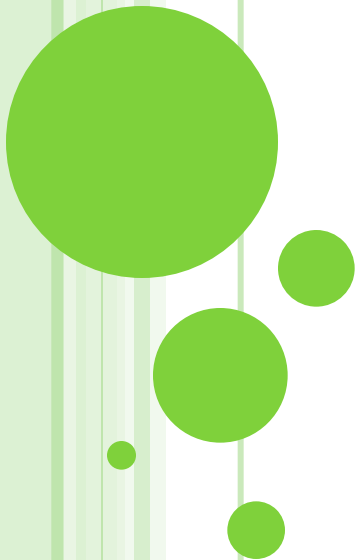


# ЗАЦЕМЛЕНИЕ (ЖЕСТКАЯ ЗАДЕЛКА)

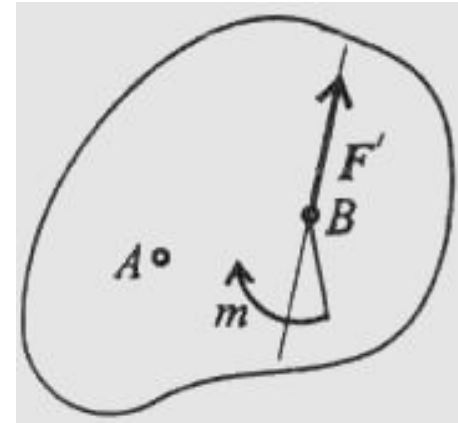
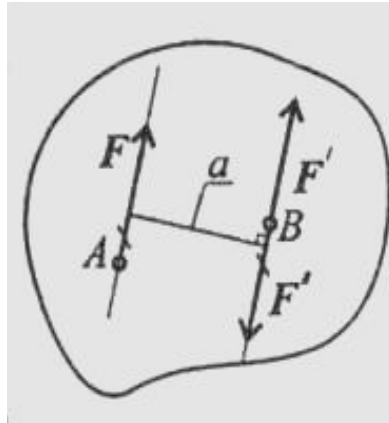
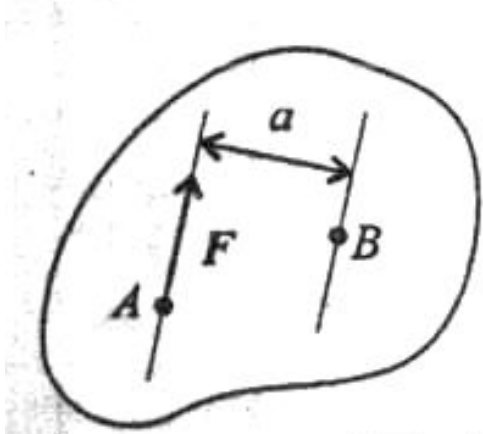


# ТЕМА 1.4. ПЛОСКАЯ СИСТЕМА ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ (ПСПРС)

Лекция 4



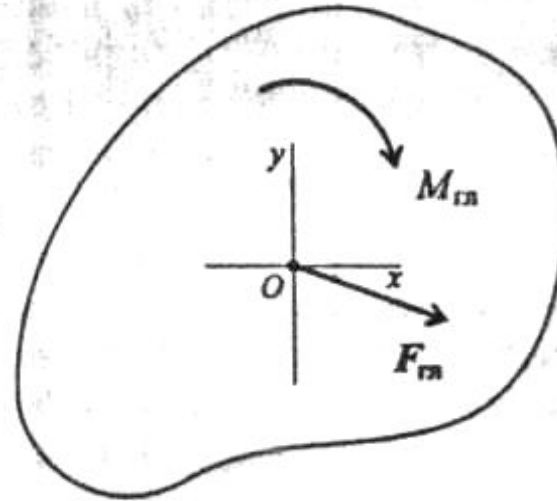
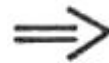
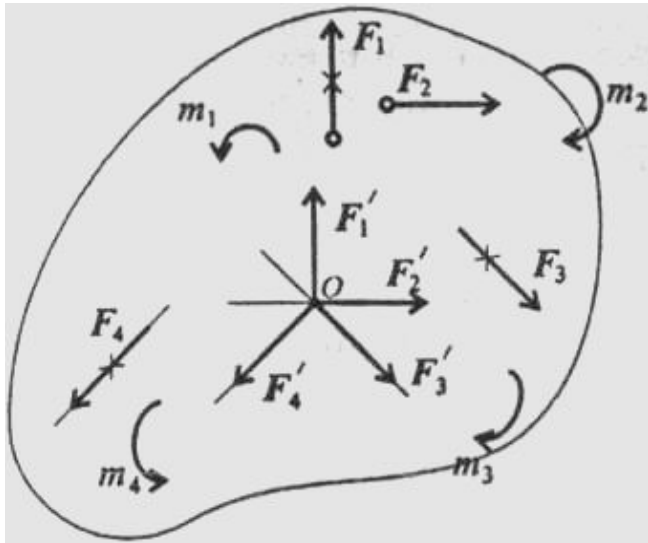
# ТЕОРЕМА ПУАНСО О ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ПЕРЕНОСЕ СИЛ



- Силу можно перенести параллельно линии ее действия, при этом нужно добавить пару сил с моментом, равным произведению модуля силы на расстояние, на которое перенесена сила



# ПРИВЕДЕНИЕ К ТОЧКЕ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ (ПСПРС)



- O – точка приведения.
- $m_1, m_2, m_3, m_4$  – присоединенные пары
- $F_{\text{гл}}$  — главный вектор системы.
- $M_{\text{гл}}$  — главный момент системы.

$$F_{\text{гл}} = \sum_0^n F_k$$

$$M_{\text{гл}O} = \sum_0^n m_0(F_k)$$



□  $F_{\text{гл}}$  — главный вектор системы.

$$F_{\text{гл}} = \sum_0^n F_k$$

$$F_{\text{гл}x} = \sum_0^n F_{kx} \quad F_{\text{гл}y} = \sum_0^n F_{ky} \quad F_{\text{гл}} = \sqrt{F_{\text{гл}x}^2 + F_{\text{гл}y}^2}$$

□  $M_{\text{гл}}$  — главный момент системы.

$$M_{\text{гл}0} = \sum_0^n m_0(F_k)$$

$$M_{\text{гл}0} = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n$$





# УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СИЛ (ПСПРС)

$$F_{\text{гл}} = \sqrt{F_{\text{гл}x}^2 + F_{\text{гл}y}^2} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum_0^n F_{kx} = 0 \\ \sum_0^n F_{ky} = 0 \end{cases}$$

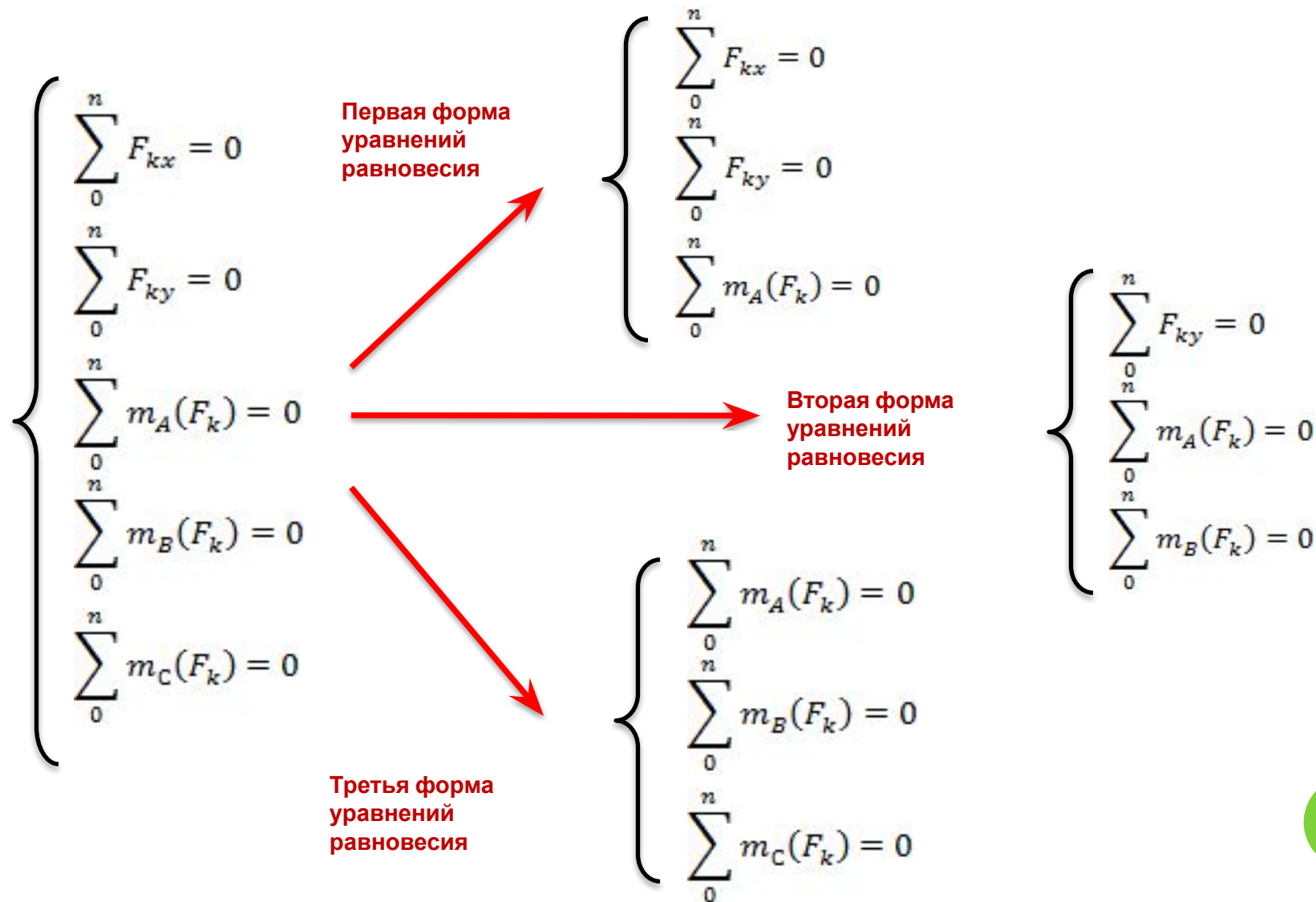
$$M_{\text{гл}0} = \sum_0^n m_0(F_k) = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sum_0^n m_A(F_k) = 0 \\ \sum_0^n m_B(F_k) = 0 \end{cases}$$

где А и В — разные точки приведения

- Для того чтобы твердое тело под действием произвольной плоской системы сил находилось в равновесии, необходимо и достаточно, чтобы алгебраическая сумма проекций всех сил системы на любую ось равнялась нулю и алгебраическая сумма моментов всех сил системы относительно любой точки в плоскости действия сил равнялась нулю.

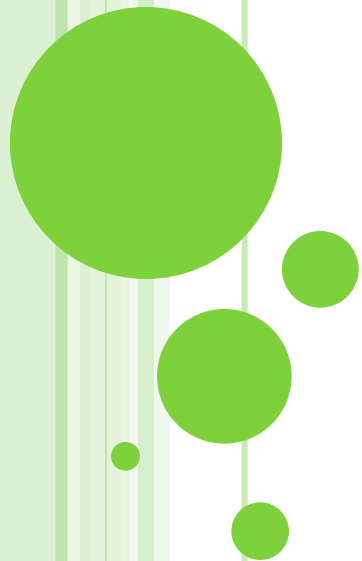


# УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СИЛ (ПСПРС)

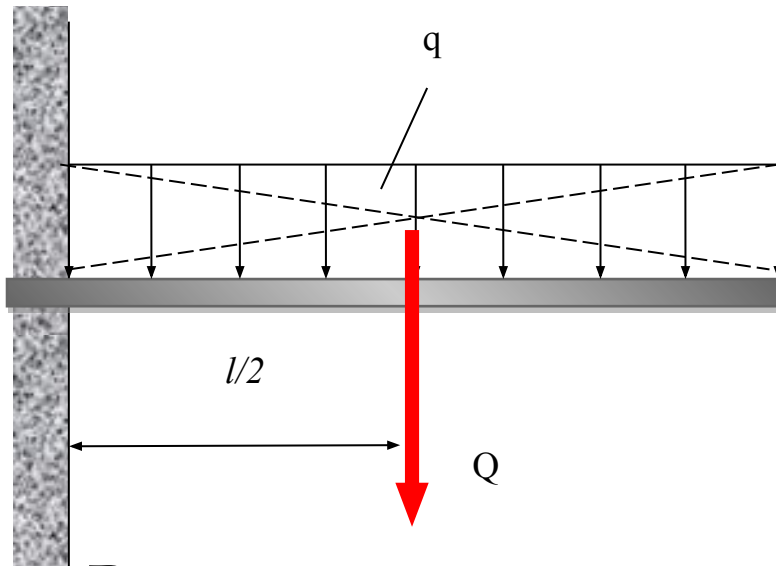


# ТЕМА 1.4. БАЛОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Лекция 5



# Виды НАГРУЗОК



Равнодействующая  
распределенной  
нагрузки

$$Q = q \cdot l$$

- Виды нагрузок по способу приложения
  - сосредоточенные
  - распределенные

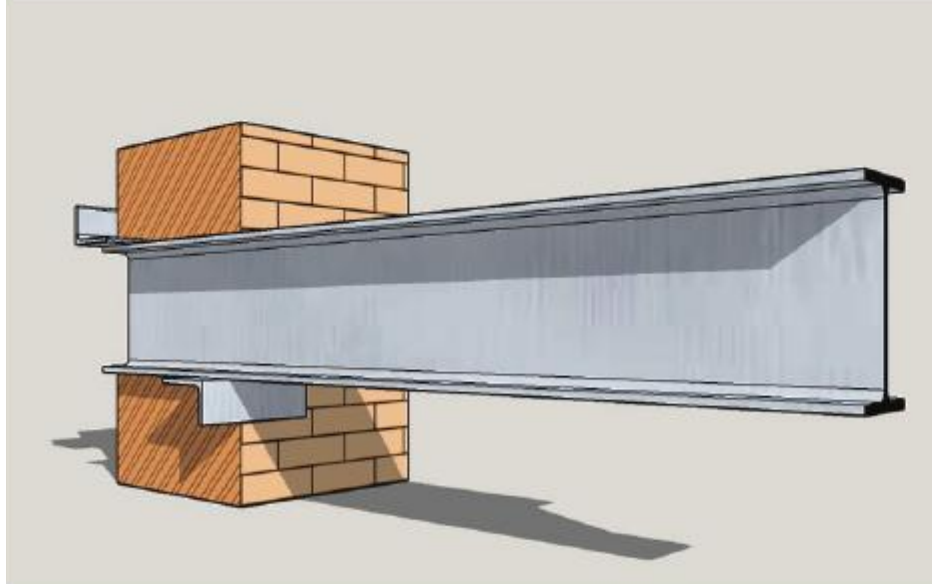
$q$  — интенсивность  
нагрузки, кН/м;

$l$  — длина стержня, м



## РАЗНОВИДНОСТИ БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ

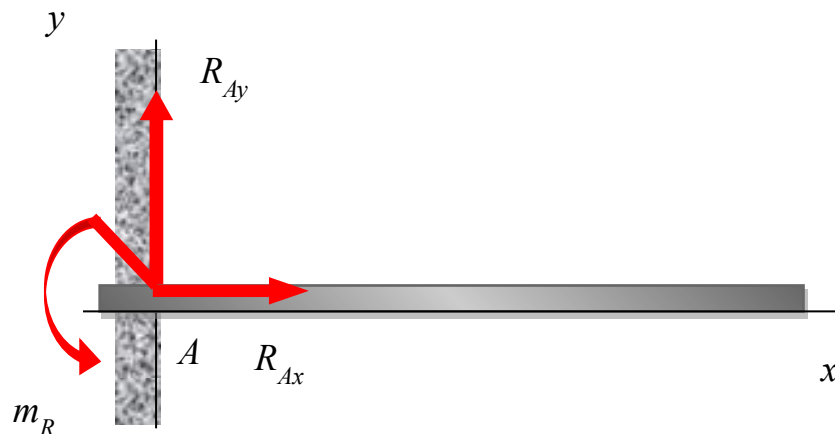
- **Балка** – конструктивная деталь в виде прямого бруса, закрепленная на опорах и изгибаемая приложенными к ней силами.



# РАЗНОВИДНОСТИ БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ

## Балка с жесткой заделкой (зашемлением)

Заделку заменяют двумя составляющими силы  $R_{Ax}$  и  $R_{Ay}$  и парой с моментом  $m_R$ .



Каждое уравнение имеет одну неизвестную величину

$$\sum_0^n F_{kx} = 0$$

$$\sum_0^n F_{ky} = 0$$

$$\sum_0^n m_A(F_k) = 0$$

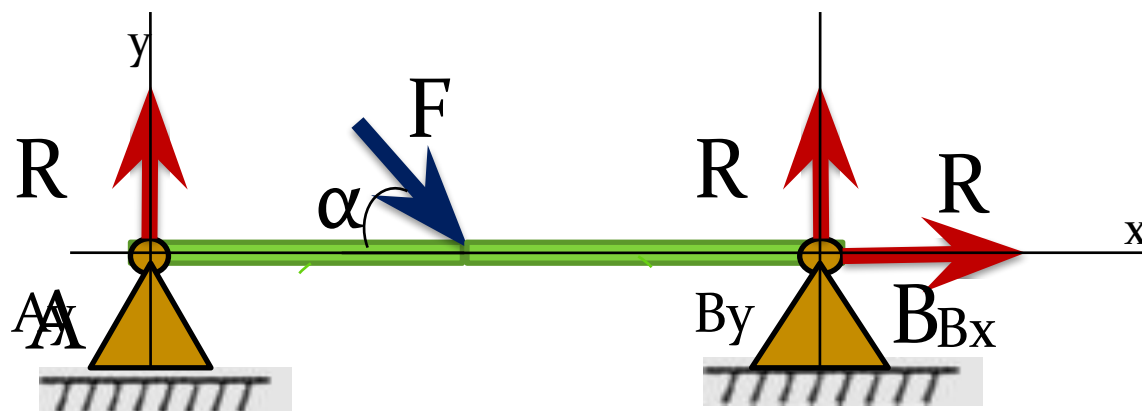
проверка

$$\sum_0^n m_B(F_k) = 0$$



# РАЗНОВИДНОСТИ БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ

## Двухопорная балка



Каждое уравнение имеет одну неизвестную величину

$$\sum_0^n F_{kx} = 0$$
$$\sum_0^n m_A(F_k) = 0$$
$$\sum_0^n m_B(F_k) = 0$$

проверка

$$\sum_0^n F_{ky} = 0$$

