

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Техническая механика включает в себя следующие разделы:

### 1) Теоретическая механика.

а) **Статика** - это раздел механики изучающий условия равновесия сил, правила их сложения и разложения сил.

б) **Кинематика** - изучает движение материальных тел без учёта их масс и действующих на них сил.

в) **Динамика** – изучает движение материальных тел под действием приложенных к ним сил.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.

2) Соппротивление материалов: это раздел технической механики изучающий деформируемые твёрдые тела, которые под действием приложенных к ним сил изменяют свою форму и размеры, т.е. деформируются.

3) Детали машин.

4) Статика сооружений.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.

1) Материальная точка - это геометрическая точка обладающая массой (формой и размерами реально существующих тел пренебрегают).

2) Абсолютно твёрдое тело – это такое твёрдое тело, расстояние между любыми двумя точками которого всегда остаётся неизменным.

3) Сила – мера механического действия одного тела на другое.

4) Модуль – это численное значение силы.

5) Линия действия силы – это прямая, вдоль которой направлен вектор изображающий силу.

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.

6) Система сил – это несколько сил действующих, на какое либо одно твёрдое тело.

7) Эквивалентные системы сил – это системы сил оказывающие на тело одинаковое механическое действие.

8) Равнодействующая сила – это сила эквивалентное заданной системе силы.

9) Внешние силы – это силы, действующие на какое либо твердое тело со стороны других тел.

10) Внутренние силы – это силы действующие на какую либо точку твёрдого тела со стороны других точек этого тела.

# АКСИОМЫ СТАТИКИ.

Аксиома №1

Принцип инерции:

Всякая изолированная материальная точка находится в состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока приложенные силы не выведут её из этого состояния.

Состояние покоя, а так же состояние равномерного и прямолинейного движения называется: **состоянием равновесия**.

Если тело под действием системы сил находится в состоянии равновесия , то данная **система** называется **уравновешенной**.

## Условие равновесия двух сил.

Две силы, приложенные к твёрдому телу образуют уравновешенную систему, если они равны по модулю и направлены в противоположные стороны вдоль одной прямой.

Аксиома №3

## Принцип присоединения и исключения уравновешенной системы сил.

Действие данной системы на твёрдое тело не изменится, если к ней прибавить или отнять уравновешенную систему сил.

## Следствие №1

Любую силу приложенную к точке твёрдого тела можно перенести вдоль линии её действия в любую другую точку, действие на это тело не изменится.

## Аксиома №4

### Правило параллелограмма.

Равнодействующая для двух сил, приложенных к точке твёрдого тела, будет приложена к той же точке и равна диагонали параллелограмма, построенного на этих силах как на сторонах.

### Правило треугольника:

Равнодействующая для двух сил, приложенных к точке твёрдого тела является последней третьей замыкающей стороной треугольника, две другие стороны которого равны и параллельны силам системы.

## Следствие №2 **Условие равновесия трёх сил.**

Три не параллельные силы, лежащие в одной плоскости образуют уравновешенную систему, если линии их действия пересекаются в первой точке, а равнодействующая для любых 2-х этой системы равна по модулю третьей силе и направлена в противоположную сторону.

Аксиома №5

## Закон равенства действия и противодействия.

Два тела действуют друг на друга с силами равными по модулю и направленными в противоположные стороны вдоль одной прямой.



# АКСИОМЫ СТАТИКИ

Аксиома №6

*Принцип отвердевания.*

Если деформируемое тело находится в состоянии равновесия, то равновесие этого тела не нарушается, если заменить его на абсолютно твёрдое тело сохранив при этом его форму, размеры и положение в пространстве.

Свободное тело - это тело которое может

## СВЯЗИ И ИХ РЕАКЦИИ.

перемещаться в пространстве в любом направлении.

Несвободное тело - это тело, перемещение которого в пространстве ограничено какими – либо другими телами.

Связью называются – тела ограничивающие перемещение несвободного тела (рассматриваемого объекта ).

Действие связи на тело всегда равно действию тела на связь.

На любое несвободное тело действуют 2 вида силы:

1) Активные или заданные силы.

2) Реакции связей или пассивные силы.

# **ВИДЫ СВЯЗЕЙ:**

## **1. Свободное опирание тела о связь:**

**А) Тело опирается ребром о поверхность связи.**

**Б) Поверхность тела опирается о ребро связи.**

**В) Поверхность тела опирается о поверхность связи.**

## **2. Гибкая связь.**

## **3. Стержневая связь:**

**А) Тело закреплено при помощи криволинейного стержня.**

**Б) Тело закреплено при помощи прямолинейного стержня.**

## **4. Шарнирно подвижная опора.**

## **5. Шарнирно неподвижная опора.**

## **6. Жёсткая заделка.**

# ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СХОДЯЩИХСЯ СИЛ.

Плоская система сходящихся сил – это система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости и пересекаются в одной точке.

Правило силового многоугольника:

Равнодействующая для плоской системы состоящей, из более чем двух сходящихся сил, является последней, замыкающей стороной силового многоугольника, другие стороны которого равны и параллельны силам системы.

# УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СХОДЯЩИХСЯ СИЛ:

Если плоская система сходящихся сил уравновешенна, то:

1) геометрическая сумма всех сил системы равна нулю, равнодействующая отсутствует т.е. равна нулю.

$$F_{\Sigma}=0$$

2) силовой многоугольник замкнут (геометрическое условие равновесия).

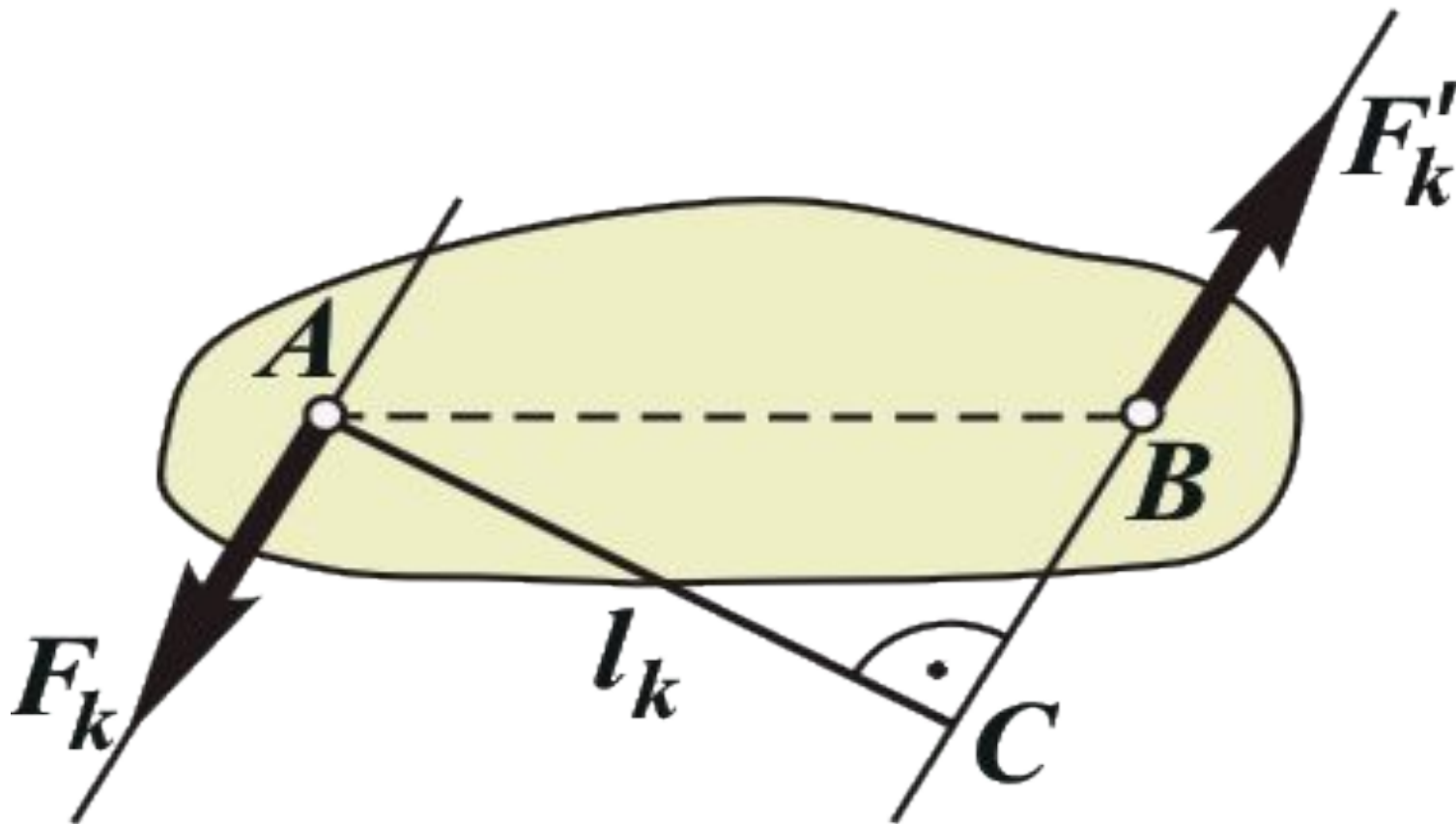
3) алгебраическая сумма проекций всех сил системы на оси  $X; Y=0$  (аналитическое условие равновесия).

$$\Sigma X(F_k)=0;$$

$$\Sigma Y(F_k)=0;$$

# ПАРА СИЛ.

Две силы равные по модулю и направленные в противоположные стороны вдоль двух параллельных прямых называются парой сил.



Пара сил не образует уравновешенную систему, и не имеет равнодействующей.

Пара сил оказывает на тело вращательное действие.

Вращательный эффект пары можно измерить моментом пары сил.

Момент пары сил это взятое со знаком «+» или «-» произведения модуля одной из сил пары на плечо.

$$M = \pm FL$$

M- момент пары сил (Н\*м)

F- Модуль силы (Н)

L- плечо пары сил (м)

Плечо (пара сил) — это кратчайшее расстояние между линиями действия сил пары

**Правило знаков**( $\pm$ ): Момент пары сил считается положительным, если силы входящие в пару стремятся повернуть тело( по ходу) против хода часовой стрелки.(рис.19)

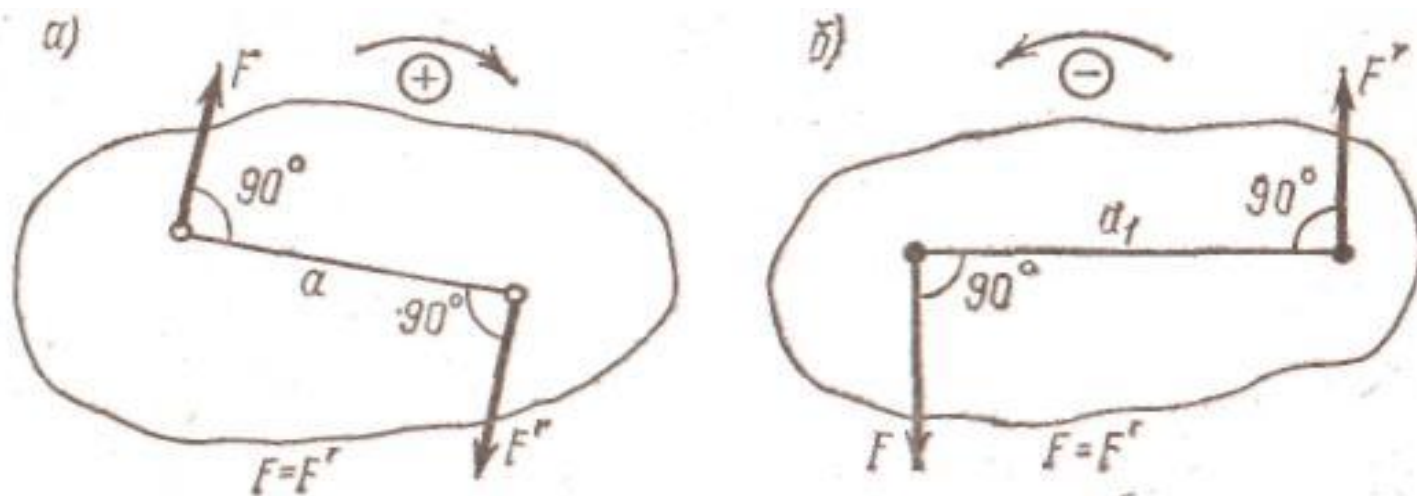


Рис. 19



# Эквивалентность пар сил

## Теорема №1:

Пару сил в плоскости ее действия можно переносить в любое новое положение, действие пары на тело, при этом, не изменится.

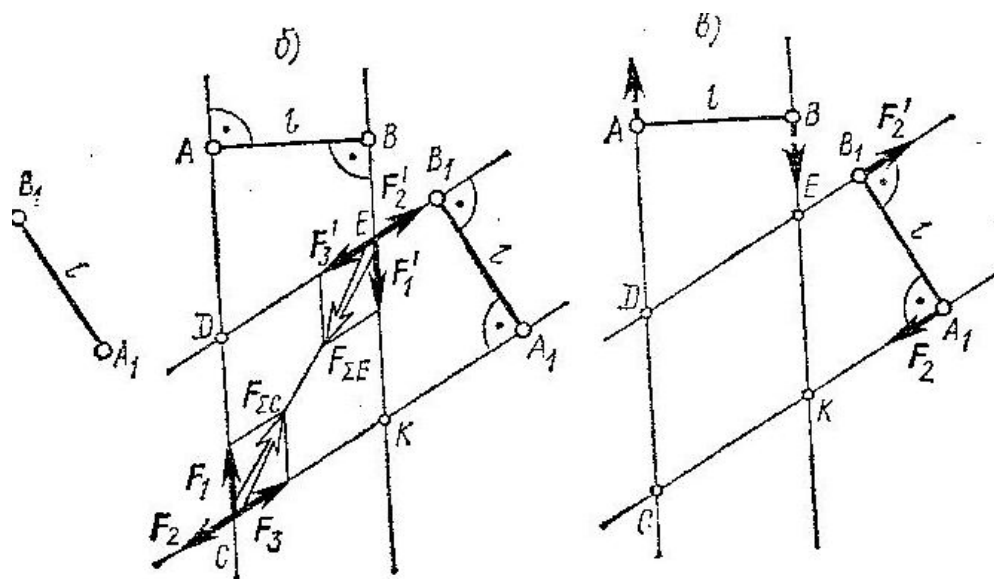


Рис. 1.33

## Теорема №2:

Две пары, расположенные в одной плоскости, производят на тело одинаковое вращательное действие в том случае, если их моменты равны.

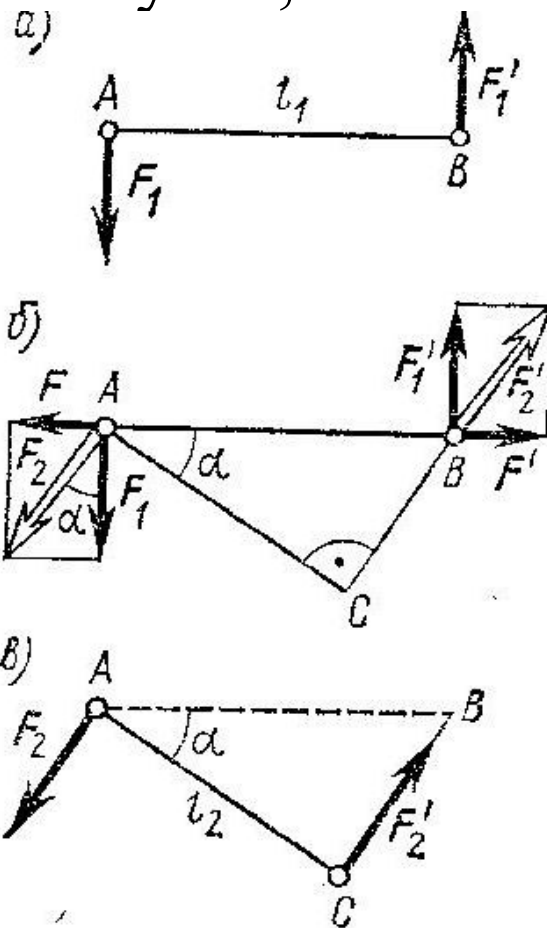
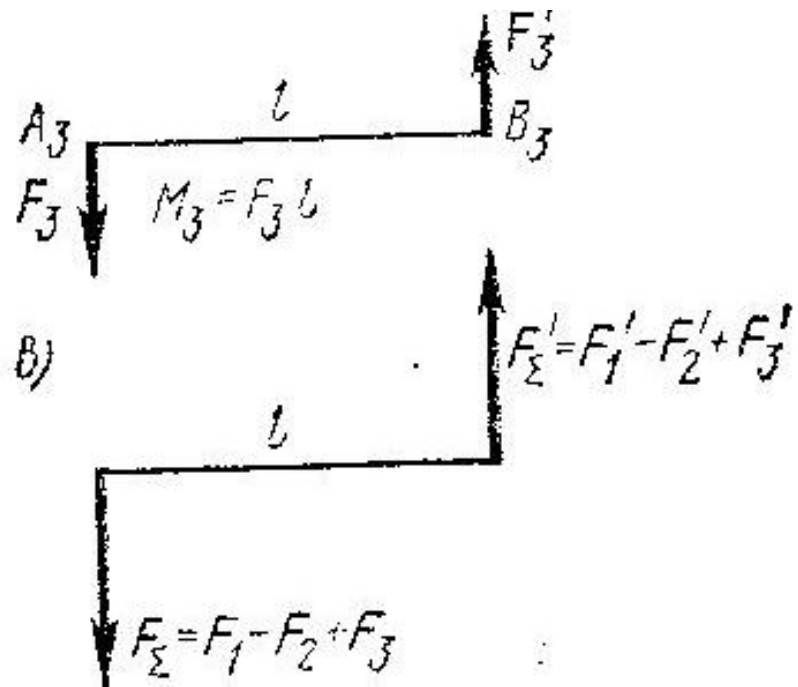
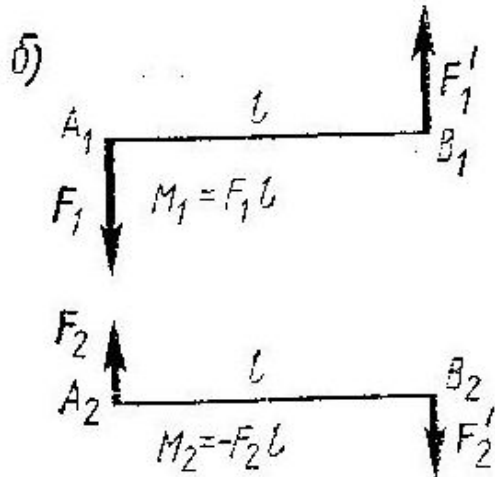
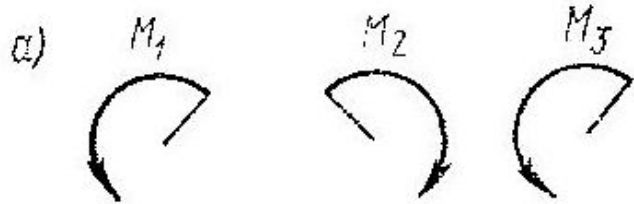


Рис. 1.34

## Теорема №3:

Система пар сил, действующих на тело в одной плоскости, эквивалентна одной паре сил с моментом, равным алгебраической сумме моментов пар системы.

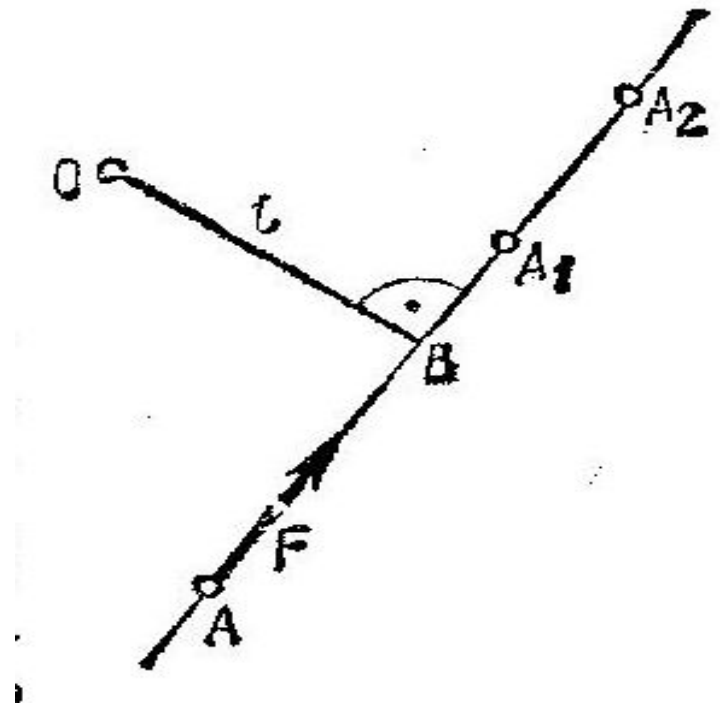


## Момент силы относительно точки

### Момент силы относительно точки

численно равен взятому со знаком плюс или минус произведению модуля данной силы на плечо.

$$M_O(F) = \pm FL$$



$M_o(F)$  – момент силы  $F$  относительно точки  $O$  ( Н\*м).

$F$ - Модуль силы (Н)

$L$ - плечо пары сил (м)

Плечо (для момента силы относительно точки)- это кратчайшее расстояние от линии действия силы до точки относительно которой определяется момент.

## Правило знаков:

Момент силы относительно точки считается положительным если данная сила стремится повернуть тело относительно заданной точки против хода (по ходу) часовой стрелки.

## Плоская система произвольно расположенных сил

Система сил, линии действия которых лежат в одной плоскости, но не пересекаются в одной точке называется **плоской системой произвольно расположенных сил.**

## 1. Приведение силы к данному центру:

Пусть дана сила  $F$ , приложенная к точке  $A$  твердого тела, и ее требуется перенести в точку  $O$ . Приложим к телу в точке  $O$  уравновешенную систему сил  $F'$  и  $F''$ , параллельных  $F$  и равных ей по модулю (т.е.  $F'=F''=F$ ). Теперь кроме силы  $F$  относительно точки  $O$ ,  $M_o(F)=FL$ , т.е.  $M=M_o(F)$ .

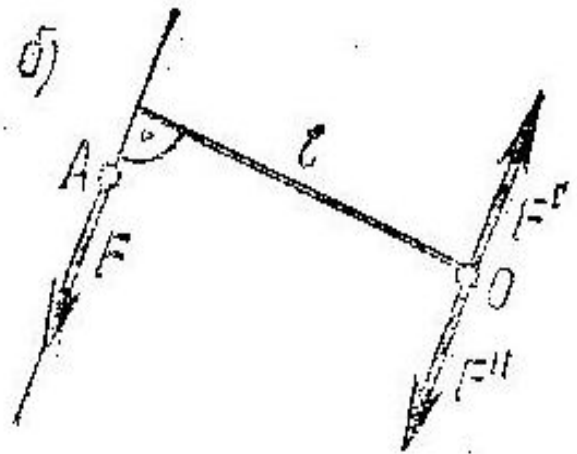


a)



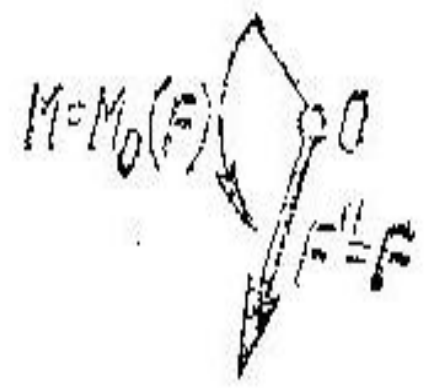
oO

b)



B)

oA

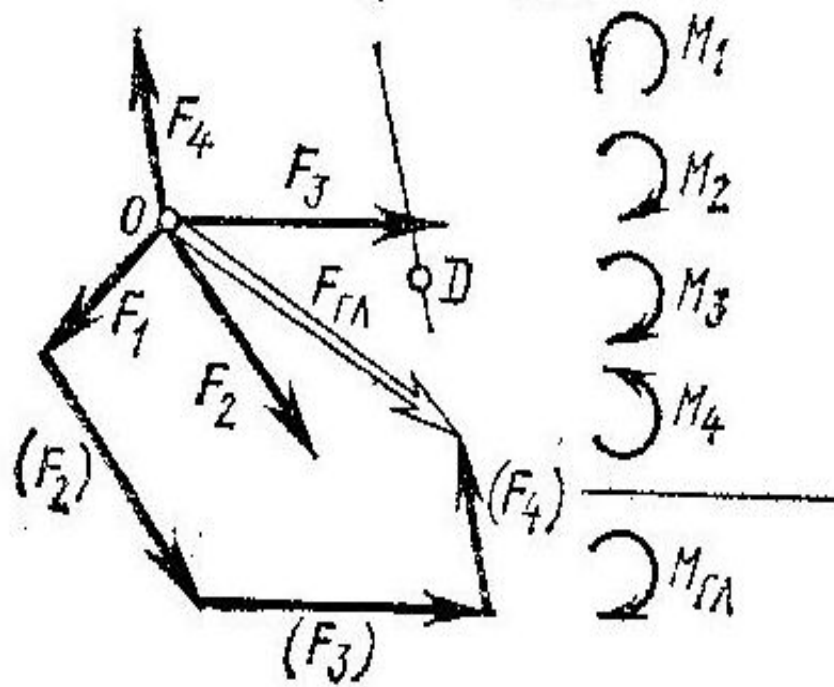
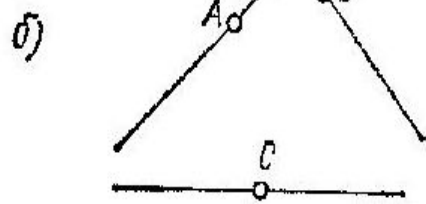
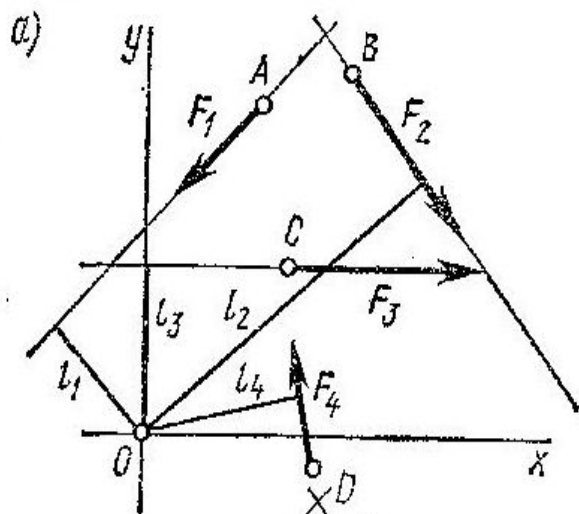


Любую силу  $F$ , приложенную к телу в точке  $A$ , можно переносить параллельно линии действия в любую точку  $O$ , присоединив пару сил, момент которой равен моменту данной силы относительно новой точки ее приложения.

## 2. Приведение плоской системы произвольно расположенных сил к точке.

Пусть задана система четырех сил  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  и  $F_4$  расположенных в плоскости как угодно, т.е. они не параллельны друг другу и линии их действия не пересекаются в одной точке.

Выберем произвольную точку  $O$  - центр приведения, и приведём к нему силу  $F_1$ , т.е. перенесем силу  $F_1$  в точку  $O$ , присоединим пару сил с моментом  $M_1 = M_O(F_1)$ . Затем приведем к точке  $O$  силу  $F_2$ : перенесем ее в эту точку и присоединим пару с моментом  $M_2 = M_O(F_2)$ . Так же поступим и с остальными силами  $F_3$  и  $F_4$ , присоединив пары с моментами  $M_3 = M_O(F_3)$  и  $M_4 = M_O(F_4)$ .



## Вывод:

Произвольная плоская система сил эквивалентна одной силе – главному вектору и одной паре, момент которой равен главному моменту.

## Условие равновесия плоской системы произвольно расположенных сил:

Плоская система произвольно расположенных сил уравновешена если главный вектор и главный момент равны нулю.

## Уравнения равновесия и их различные формы.

### 1. Первая форма уравнения равновесия:

$$\sum X(F_k) = 0$$

$$\sum Y(F_k) = 0$$

$$\sum M_O(F_k) = 0$$

- Если плоская система сил уравновешена, то алгебраическая сумма проекции всех сил системы на оси:  $X$  и  $Y$  равна нулю, также равна нулю алгебраическая сумма моментов всех сил системы относительно любой точки  $O$ .

## 2. Вторая форма уравнения равновесия:

$$\Sigma X(F_k)=0$$

$$\Sigma M_A(F_k)=0$$

$$\Sigma M_B(F_k)=0$$

Если плоская система сил уравновешена, то алгебраическая сумма момента всех сил системы относительно двух любых точек А и В равна нулю, так же равна нулю алгебраическая сумма проекций всех сил системы на ось не перпендикулярную прямой проходящей через данные точки.

### 3. Третья форма уравнения равновесия:

$$\Sigma M_A(F_k)=0$$

$$\Sigma M_B(F_k)=0$$

$$\Sigma M_C(F_k)=0$$

Если плоская система сил уравновешена, то алгебраическая сумма моментов всех сил системы относительно трех любых точек не лежащих на одной прямой = 0.

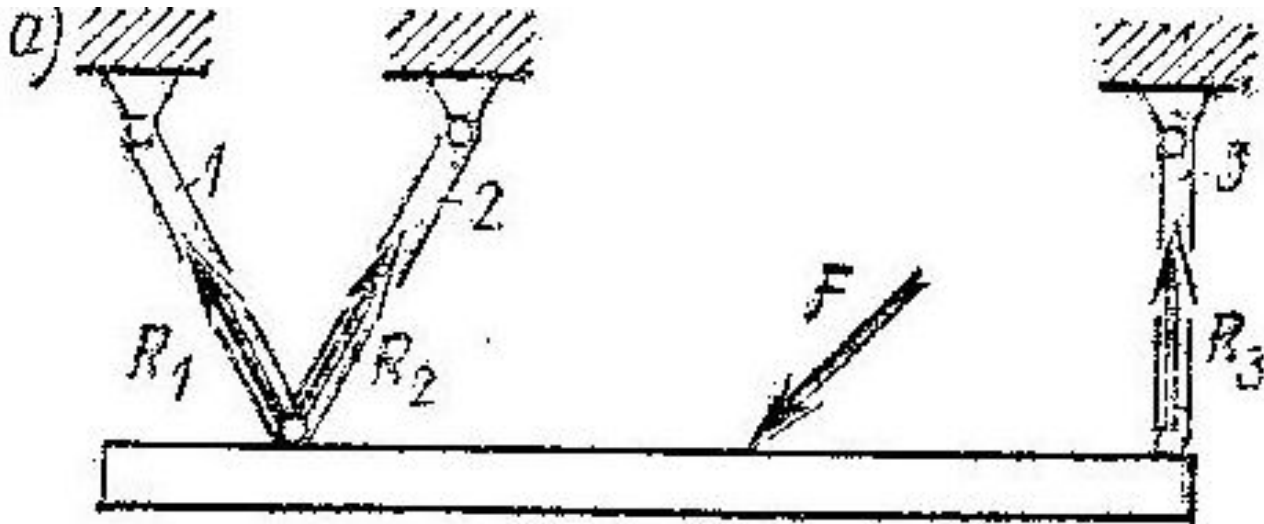


## Балочные системы.

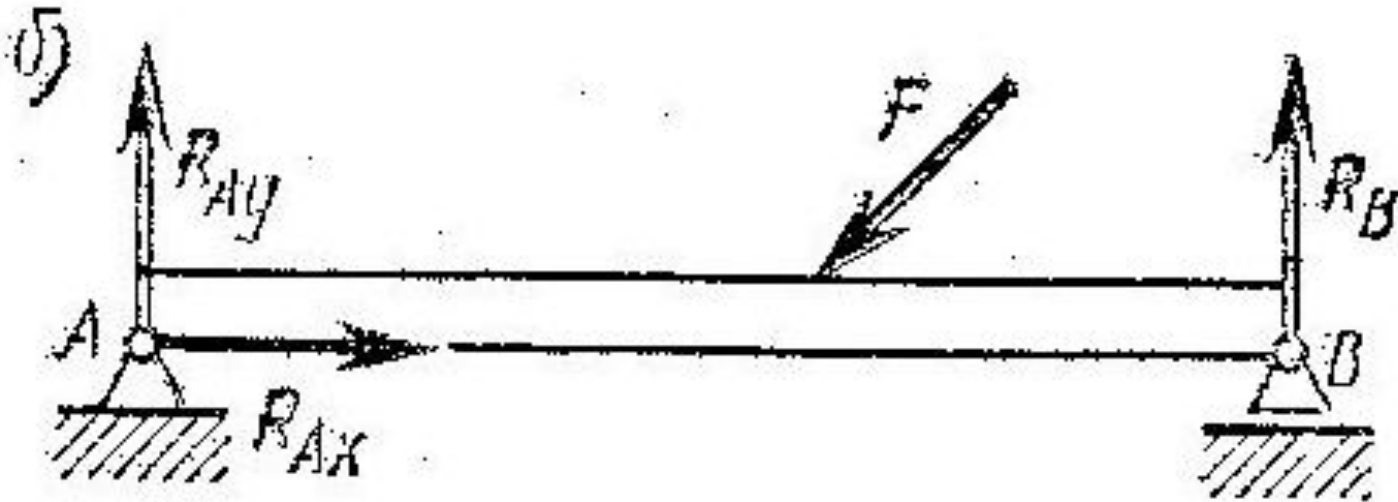
Балка – это конструктивная деталь какого либо сооружения, выполненная в большинстве случаев в виде прямого бруса, с опорами в двух и более точках, и несущая вертикальные нагрузки.

## Виды балок:

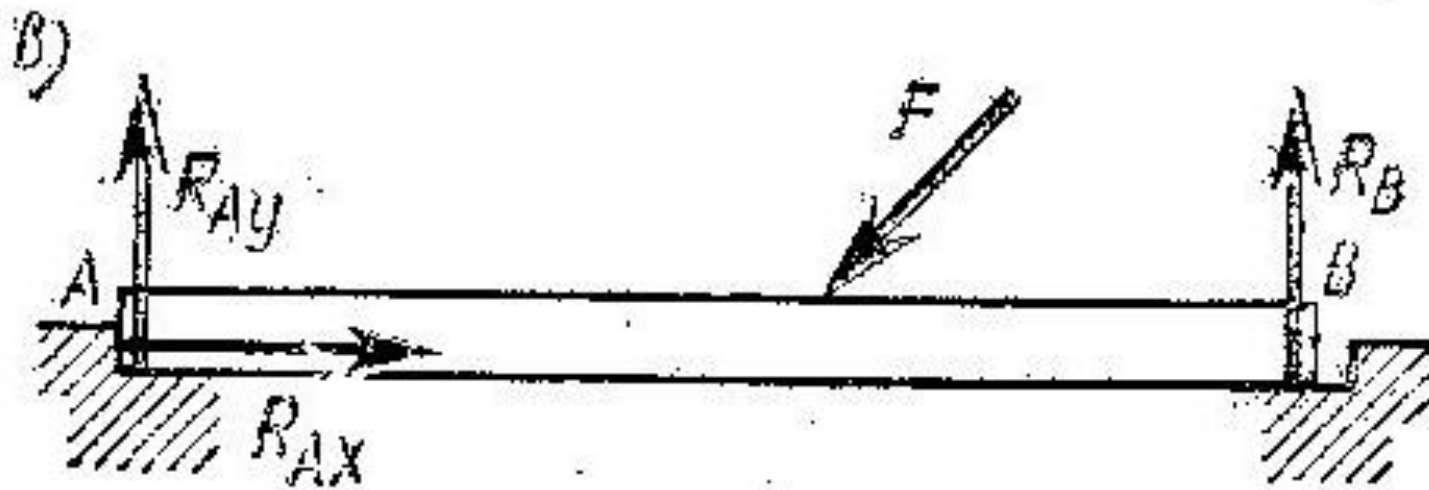
а) Балка закреплена при помощи 3 стержней.( стержневая связь).



б) Двух опорная балка: опора А – шарнирно неподвижная; опора В – шарнирно – подвижная.

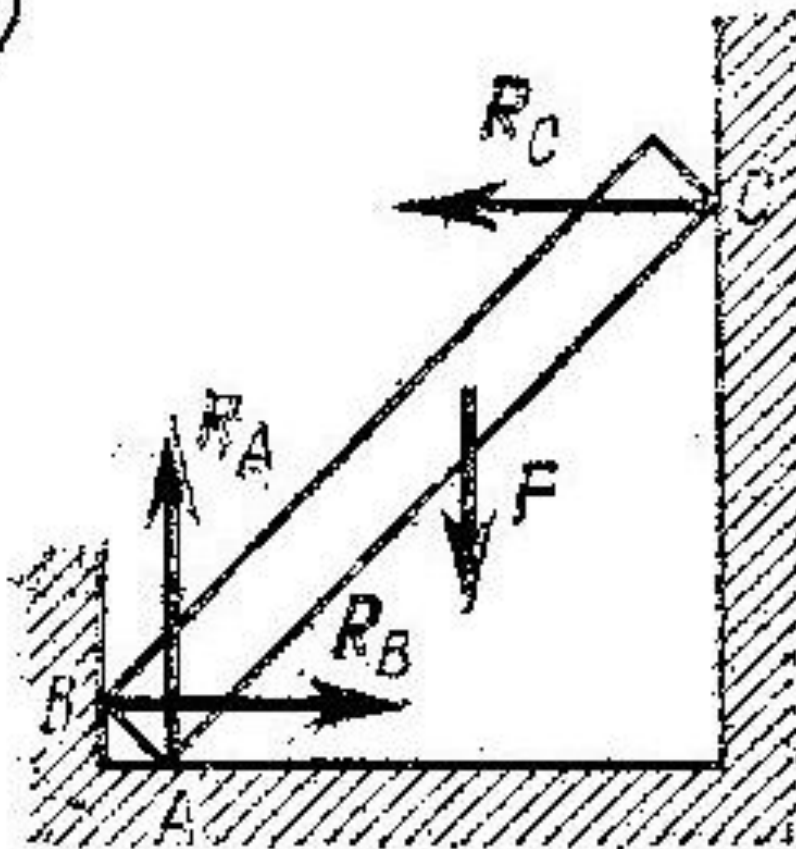


в) Балка свободно опирается о связь (поверхность балки опирается о поверхность связи).

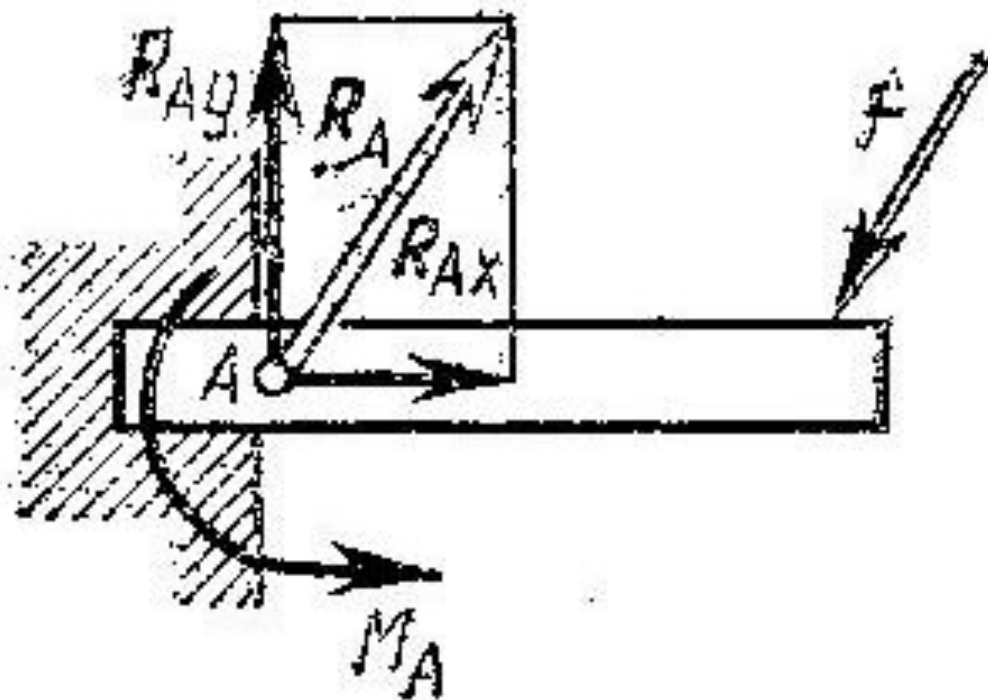


г) Балка свободно опирается о связь ( балка опирается ребром о поверхность связи).

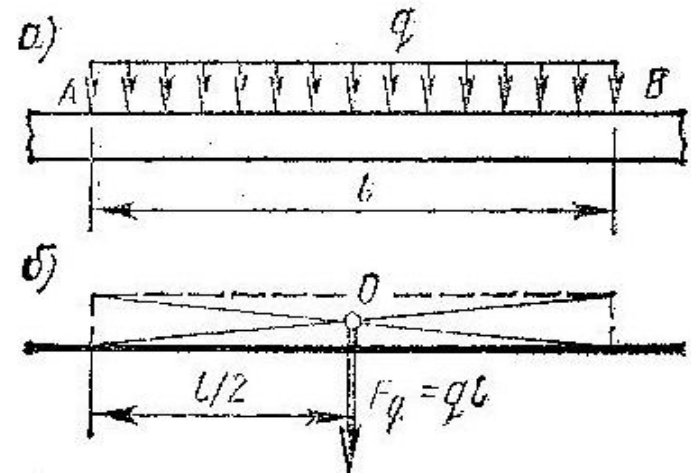
2)



д) Балка выполнена в виде консоли и закреплена при помощи жесткой заделки.



## 2. Распределенная нагрузка:



Распределенная нагрузка может быть:

- а) Равномерно распределенной;
- б) Неравномерно распределенной;

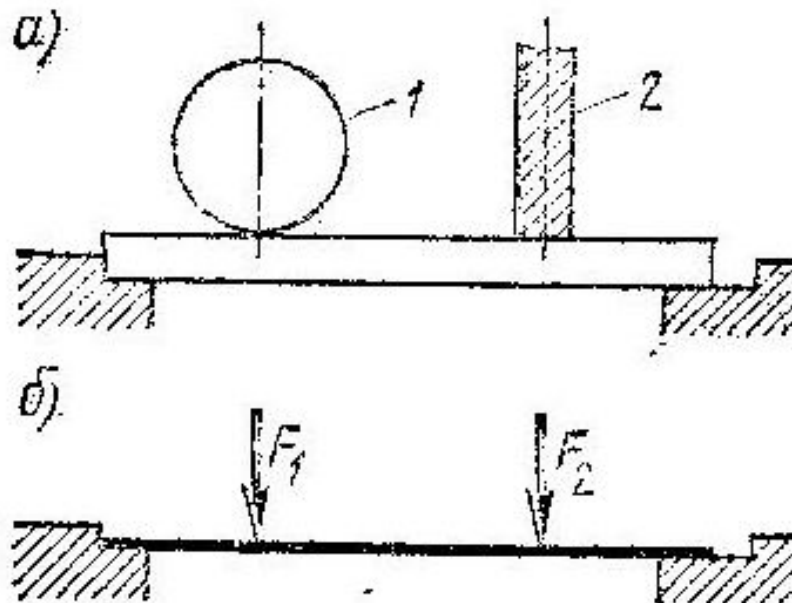
Нагрузка может быть распределена:

- а) по линии;
- б) по плоскости ( по поверхности);
- в) по объему.

# Виды нагрузок.

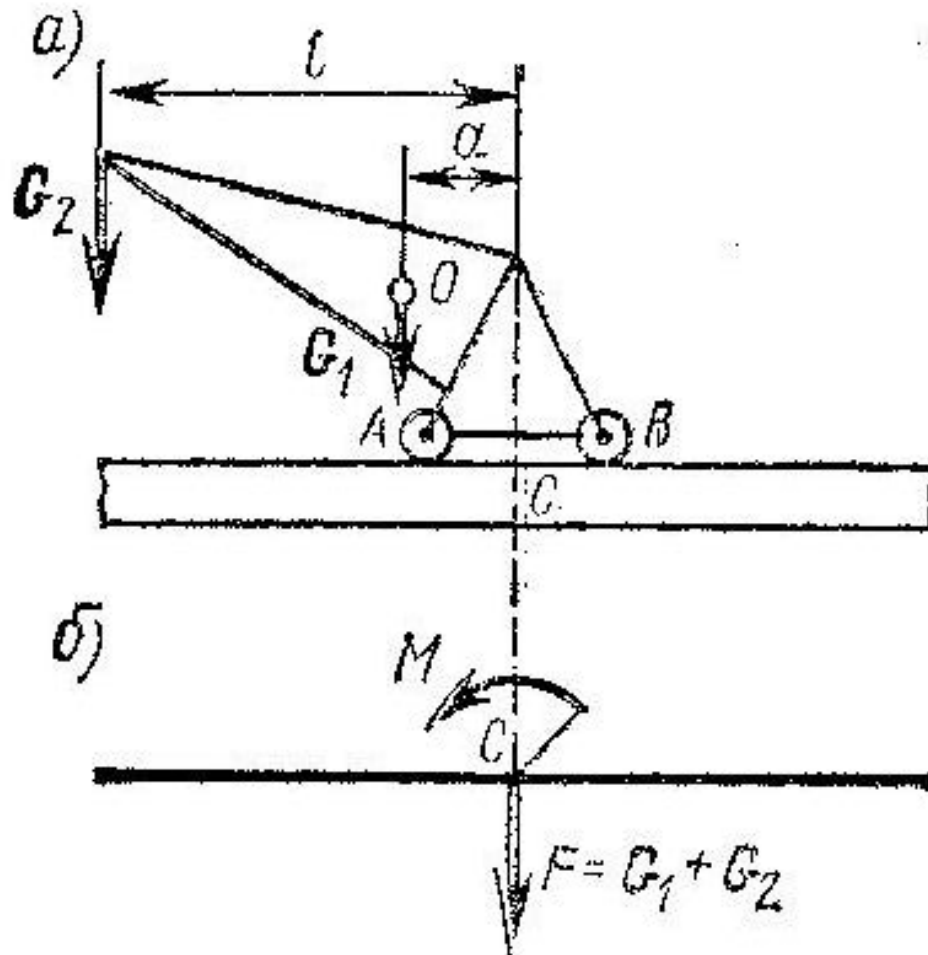
## 1. Сосредоточенная сила:

Если площадь действия нагрузки настолько мала что может быть принята за точку, то данная нагрузка называется сосредоточенной силой.





### 3. Сосредоточенная пара сил:

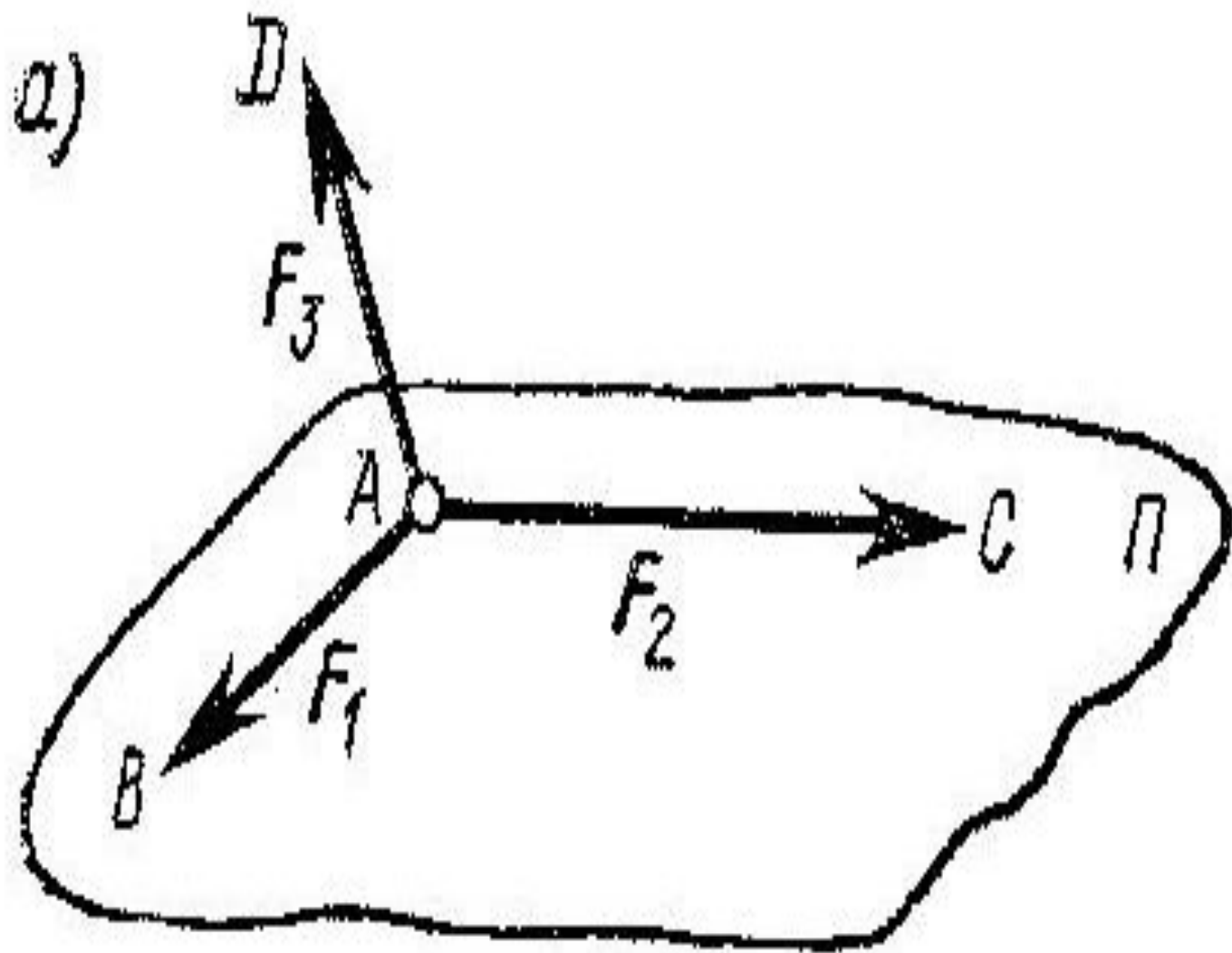


# ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СИСТЕМА СИЛ.

## 1. Пространственная система сходящихся сил:

Система сил линии действия которых не лежат в одной плоскости, но пересекаются в одной точке называется **пространственной системой сходящихся сил**.

Чтобы получить простейшую пространственную систему сходящихся сил достаточно к двум силам лежащим в одной плоскости прибавить третью силу не лежащую в этой плоскости



Чтобы найти равнодействующую для простейшей пространственной системы (состоящей из трёх сил) необходимо воспользоваться следующим правилом:

*Правило параллелепипеда:*

Равнодействующая для пространственной системы состоящей из трёх сил должна быть приложена к той же точке что и сила системы, и равна диагонали параллелепипеда построенного на этих силах как на сторонах.

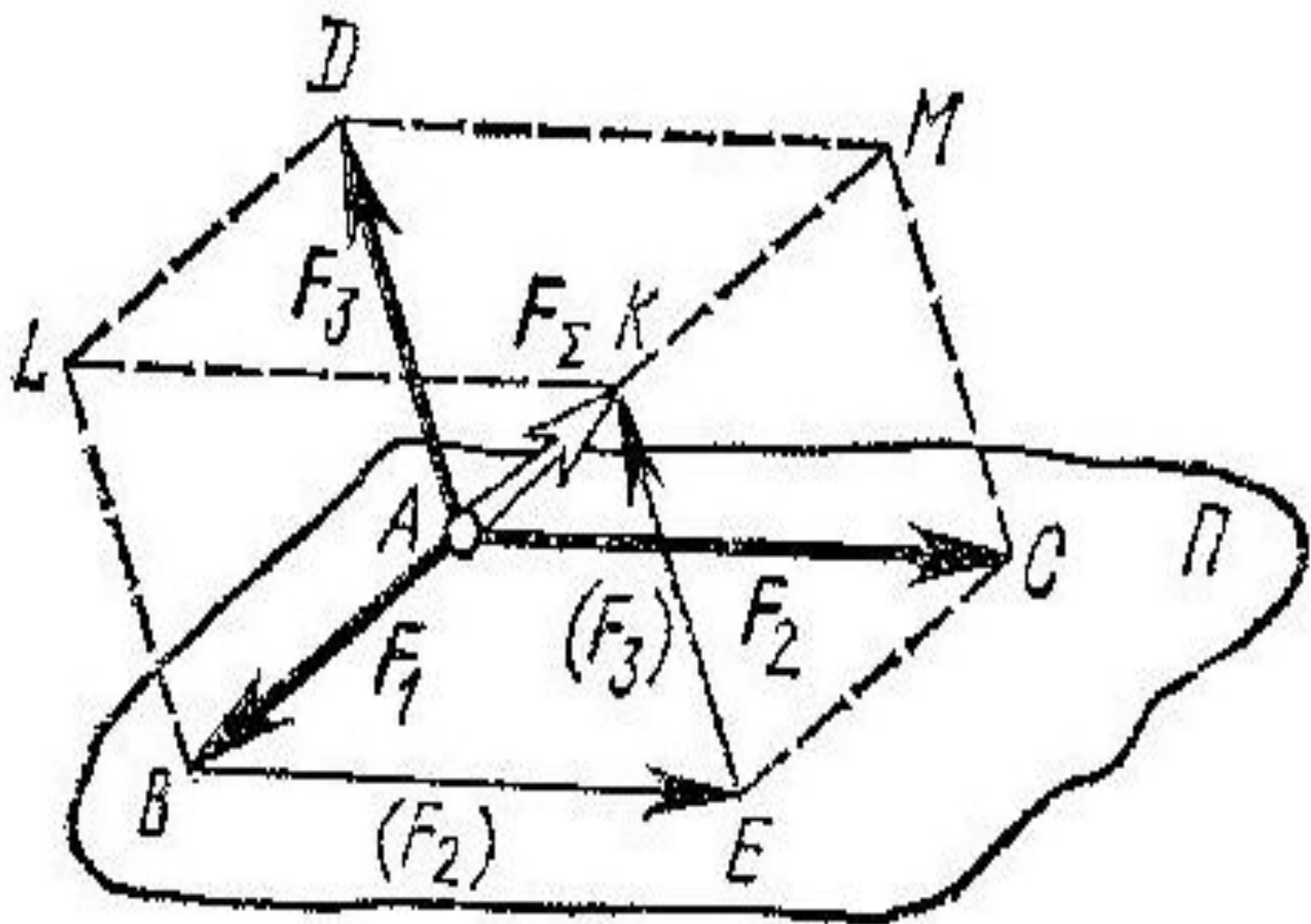


Рис. 166

Если пространственная система состоит из более чем трёх сил, то равнодействующую можно определить по следующему правилу:

*Правило силового многоугольника:*

Равнодействующая для пространственной системы состоящей из более чем трёх сходящихся сил является последней, замыкающей стороной силового многоугольника другие стороны которого равны и параллельны силам системы.

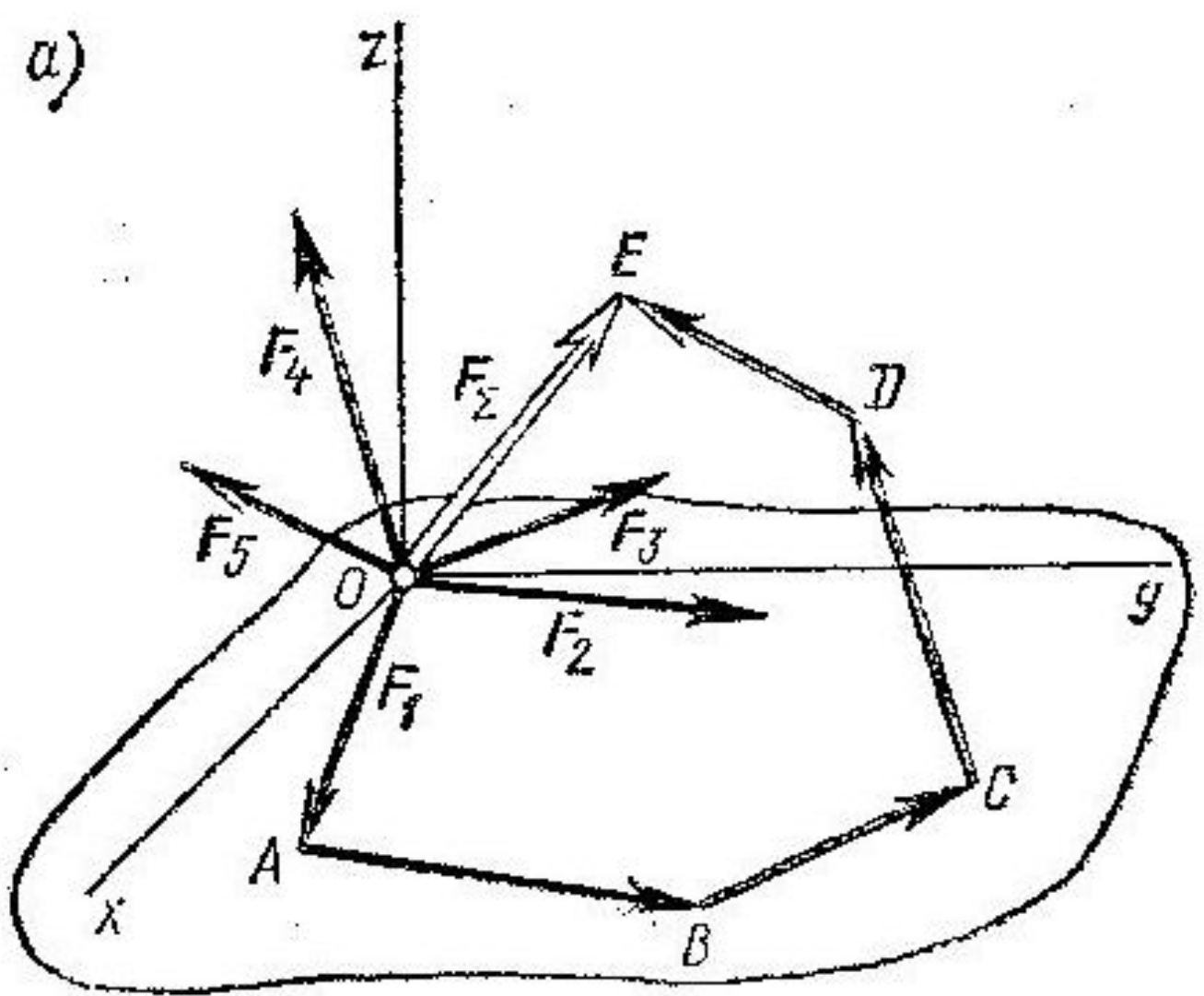


Рис. 1.70

## Условия равновесия пространственной системы сходящихся сил:

1) Если пространственная система сходящихся сил уравновешена, то геометрическая сумма всех сил равна нулю, равнодействующая отсутствует т.е. равна нулю.

$$F\Sigma=0$$

2) **Геометрическое условие равновесия:**

Если пространственная система сходящихся сил уравновешена, то силовой многоугольник замкнут.



### 3) Аналитическое условие равновесия:

Если пространственная система сходящихся сил уравновешена, то алгебраическая сумма проекций всех сил системы на оси  $X; Y; Z=0$ .

$$\Sigma X(F_k)=0;$$

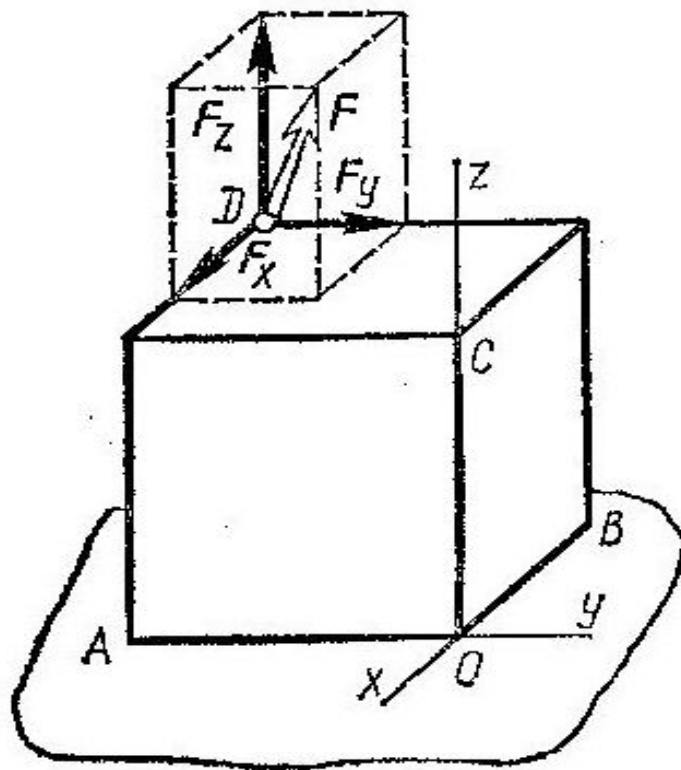
$$\Sigma Y(F_k)=0;$$

$$\Sigma Z(F_k)=0.$$

## 2. Пространственная система произвольно расположенных сил.

Система сил линии действия которых не лежат в одной плоскости и не пересекаются в одной точке называется **пространственной системой произвольно расположенных сил**

Момент силы относительно ос



## МОМЕНТОМ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ

называется алгебраическая (скалярная) величина, равная моменту проекции силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью

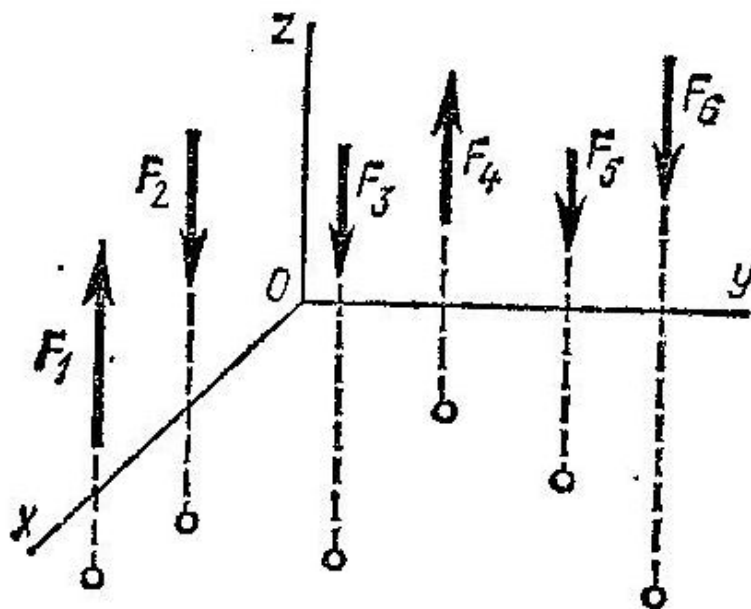
$$M_x(F) = \pm F_{yz} l; \quad M_y(F) = \pm F_{xz} l; \quad M_z(F) = \pm F_{xy} l.$$

**L-плечи**, равные длинам перпендикуляров от точки пересечения оси с плоскостью до проекции или ее продолжения.

### Правило знаков:

Знак плюс или минус становится в зависимости от того, в которую сторону поворачивается плечо  $L$  вектором проекции со стороны положительного направления оси.

## Пространственная система параллельных сил.



Равнодействующая для пространственной системы параллельных сил будет равна алгебраической сумме этих сил, и приложена к точке  $C$  которая называется центром параллельных сил.

