

# **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современная техника ставит перед инженерами множество задач, решение которых связано с исследованием механического движения и механического взаимодействия материальных тел.

# **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современная техника ставит перед инженерами множество задач, решение которых связано с исследованием механического движения и механического взаимодействия материальных тел.

Существуют различные виды движения (механическое, химическое, биологическое и др.). Наука о механическом движении и взаимодействии материальных тел и называется механикой.

# **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современная техника ставит перед инженерами множество задач, решение которых связано с исследованием механического движения и механического взаимодействия материальных тел.

Существуют различные виды движения (механическое, химическое, биологическое и др.). Наука о механическом движении и взаимодействии материальных тел и называется механикой.

Механическим движением называют происходящее с течением времени изменение взаимного расположения материальных тел в пространстве.

# **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ.**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современная техника ставит перед инженерами множество задач, решение которых связано с исследованием механического движения и механического взаимодействия материальных тел.

Существуют различные виды движения (механическое, химическое, биологическое и др.). Наука о механическом движении и взаимодействии материальных тел и называется механикой.

Механическим движением называют происходящее с течением времени изменение взаимного расположения материальных тел в пространстве.

Под механическим взаимодействием понимают те действия материальных тел друг на друга, в результате которых происходит изменение движения этих тел или изменение их формы (деформация).

За основную меру механического взаимодействия в механике принимают величину, называемую силой.

# ***ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ. ВВЕДЕНИЕ***

Общим названием «механика» объединен целый комплекс дисциплин, занимающих различными вопросами механических взаимодействий твердых, жидких и газообразных объектов.

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ. ВВЕДЕНИЕ

Общим названием «механика» объединен целый комплекс дисциплин, занимающих различными вопросами механических взаимодействий твердых, жидких и газообразных объектов.



# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ. ВВЕДЕНИЕ

Общим названием «механика» объединен целый комплекс дисциплин, занимающих различными вопросами механических взаимодействий твердых, жидких и газообразных объектов.



Во всех этих областях наряду со специфическими закономерностями и методами исследования используются общие понятия и методы, которые и составляют предмет теоретической механики.

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА. ЛЕКЦИИ. ВВЕДЕНИЕ

Общим названием «механика» объединен целый комплекс дисциплин, занимающих различными вопросами механических взаимодействий твердых, жидких и газообразных объектов.



Во всех этих областях наряду со специфическими закономерностями и методами исследования используются общие понятия и методы, которые и составляют предмет **теоретической механики**.

Роль и значение **теоретической механики** в инженерном образовании определяется тем, что она является научной базой основных направлений развития современной техники.



# **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

**Материальной точкой** называется геометрическая точка, обладающая массой - (МТ).

# **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

**Материальной точкой** называется геометрическая точка, обладающая массой - (МТ).

**Абсолютно твердым** называется тело, расстояния между точками которого остаются неизменным за все время исследования – (ТТ).

# **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

**Материальной точкой** называется геометрическая точка, обладающая массой - (МТ).

**Абсолютно твердым** называется тело, расстояния между точками которого остаются неизменным за все время исследования – (ТТ).

**Механической системой** будем называть совокупность (множество) материальных точек и (или) тел, механически взаимодействующих между собой – (МС).

# **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

К основным понятиям теоретической механики относятся:  
**материальный объект, пространство и время.**

**Пространство** *трехмерно, безгранично, однородно и изотропно.*

# **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

К основным понятиям теоретической механики относятся:  
**материальный объект, пространство и время.**

**Пространство** *трехмерно, безгранично, однородно и изотропно.*

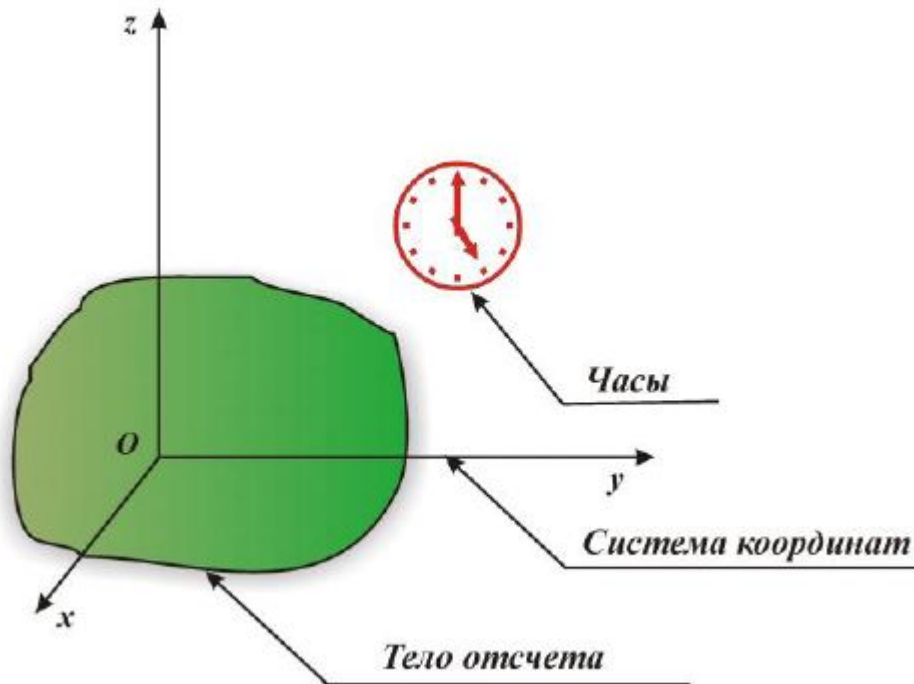
**Время** *абсолютно, независимо, равномерно, необратимо, одновременно.*

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

К основным понятиям теоретической механики относятся:  
**материальный объект, пространство и время.**

**Пространство** *трехмерно, безгранично, однородно и изотропно.*

**Время** *абсолютно, независимо, равномерно, необратимо, одновременно.*



$$CO = TO + CK + Ч$$

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

После того, как мы ввели понятие системы отсчета, мы можем дать более четкое определение понятия механического движения.

*Если положение точек материального объекта в заданной системе отсчета изменяется с течением времени, то говорят, что объект совершает механическое движение в пространстве тела отсчета. В противном случае говорят, что объект покоится в заданном пространстве (в пространстве тела отсчета).*

Движение и покой объединяются общим понятием **механического состояния** материального объекта в заданном пространстве.

# **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

Материальные объекты, движение и равновесие которых приходится изучать, разделяются на **свободные** и **несвободные**. Тело в пространстве называется **свободным**, если его из занимаемого положения можно переместить в любое соседнее. Свободным телом в пространстве Земли является, например, летящий самолет.



# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

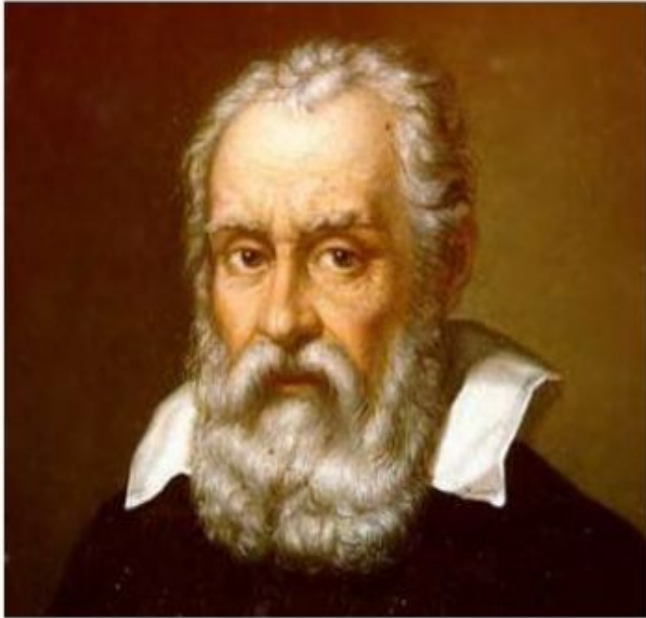
Материальные объекты, движение и равновесие которых приходится изучать, разделяются на **свободные** и **несвободные**. Тело в пространстве  $Oxyz$  называется **свободным**, если его из занимаемого положения можно переместить в любое соседнее. Свободным телом в пространстве Земли является, например, летящий самолет.

Твердое тело называют **несвободным** в пространстве  $Oxyz$ , если на его положение в этом пространстве наложены какие-либо ограничения. Например, имеется хотя бы одно направление, по которому тело не может перемещаться. Очевидно, тело будет **несвободным**, если оно опирается на тело отсчета или соединено с ним через посредство других тел.

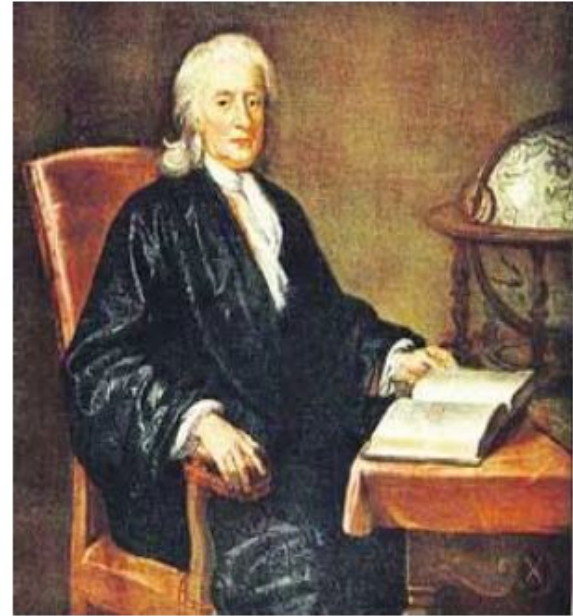
Ограничения на положение тела в пространстве называются **связями**.

# ***РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ***

Теоретическую механику, в основу которой положены законы *Галилея - Ньютона*, часто называют классической механикой, в отличие от релятивистской механики, основанной на идеях *А.Эйнштейна* о связи пространства и времени с движущейся материей.



***Галилей (1564–1642)***



***Ньютон (1643–1727)***

Теоретическая механика является одним из важнейших курсов, изучаемых в высшей школе. Ее законы и выводы широко применяются в целом ряде других дисциплин при решении самых разнообразных и сложных технических задач. Все технические расчеты при постройке различных сооружений, при проектировании машин, при изучении полетов различных летательных аппаратов и т.п. основаны на законах теоретической механики. В этом заключается ее прикладное значение.

# РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Теоретическую механику можно условно разделить на три раздела: *статику*, *кинематику* и *динамику*.



В **статике** рассматриваются условия равновесия неподвижных материальных объектов под действием сил.

# РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Теоретическую механику можно разделить на три раздела: *статику*, *кинематику* и *динамику*.



В **статике** рассматриваются условия равновесия неподвижных материальных объектов под действием сил.

В **кинематике** рассматриваются общие законы движения материальных объектов без учета действующих нагрузок.

# РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Теоретическую механику можно разделить на три раздела: *статику*, *кинематику* и *динамику*.



В **статике** рассматриваются условия равновесия неподвижных материальных объектов под действием сил.

В **кинематике** рассматриваются общие законы движения материальных объектов без учета действующих нагрузок.

В **динамике** изучается движение материальных объектов под действием сил.

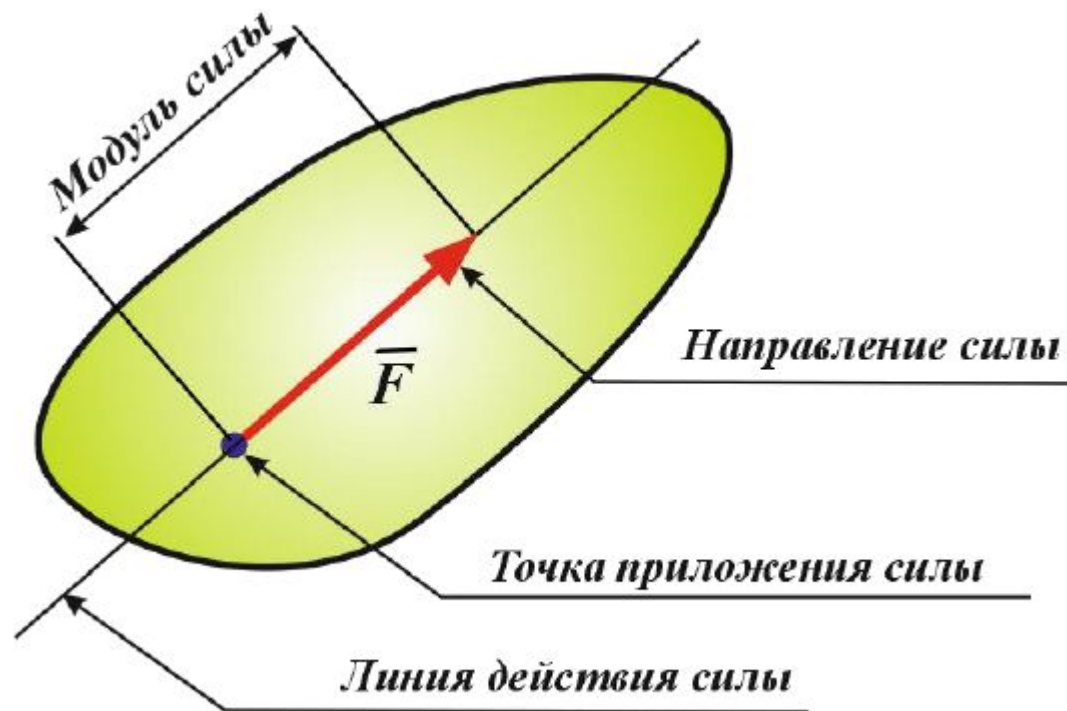
# **СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА (ТТ)**

**Статика** есть общее учение о **силах**. В **статике** изучаются законы **равновесия** абсолютно твердых тел под действием приложенных к ним сил и способы преобразования систем сил в простейшие, им эквивалентные.

Под **равновесием** будем понимать состояние покоя тела по отношению к другим телам, например по отношению к Земле.

# Статика. Основные понятия

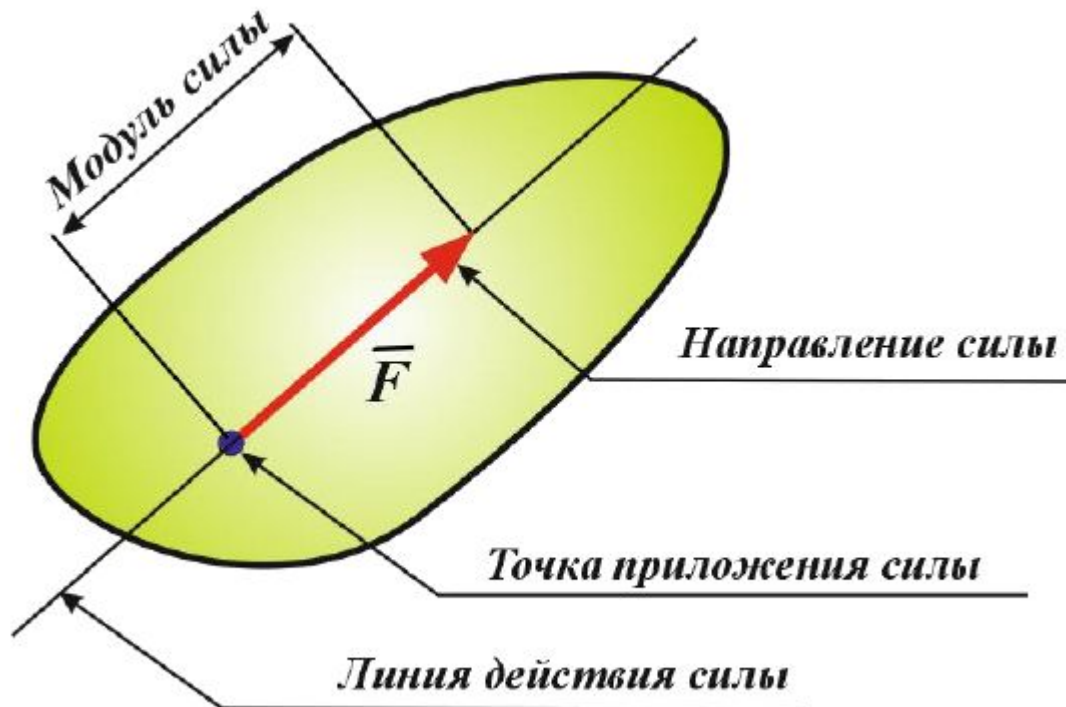
1. Основным понятием статики является сила. Сила – основная мера механического взаимодействия материальных тел



# Статика. Основные понятия

1. Основным понятием статики является сила. Сила – основная мера механического взаимодействия материальных тел

Это простейшее понятие – его нельзя определить через более простые, уже известные понятия. Сила – величина векторная. Она характеризуется модулем (абсолютной величиной), линией действия и направлением вдоль линии действия, а также точкой приложения. Размерность силы – ньютон (Н).

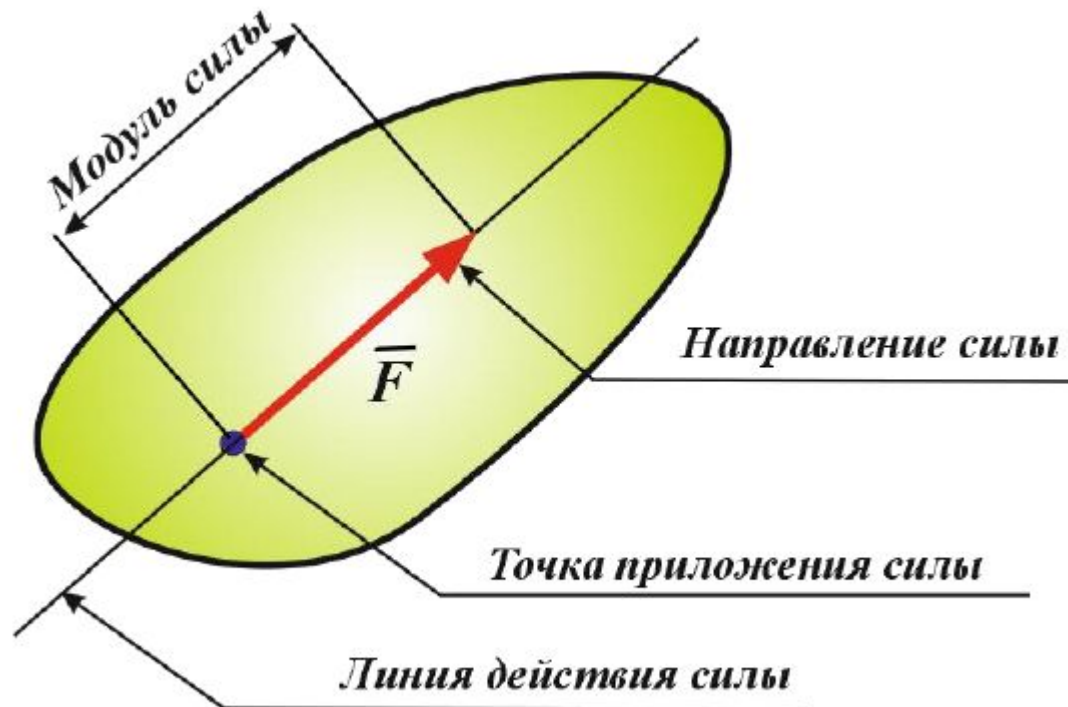




# Статика. Основные понятия

1. Основным понятием статики является сила. Это простейшее понятие – его нельзя определить через более простые, уже известные понятия. **Сила** – величина векторная. Она характеризуется **модулем** (абсолютной величиной), **линией действия** и **направлением** вдоль линии действия, а также **точкой приложения**. Размерность силы – **ньютон (Н)**.

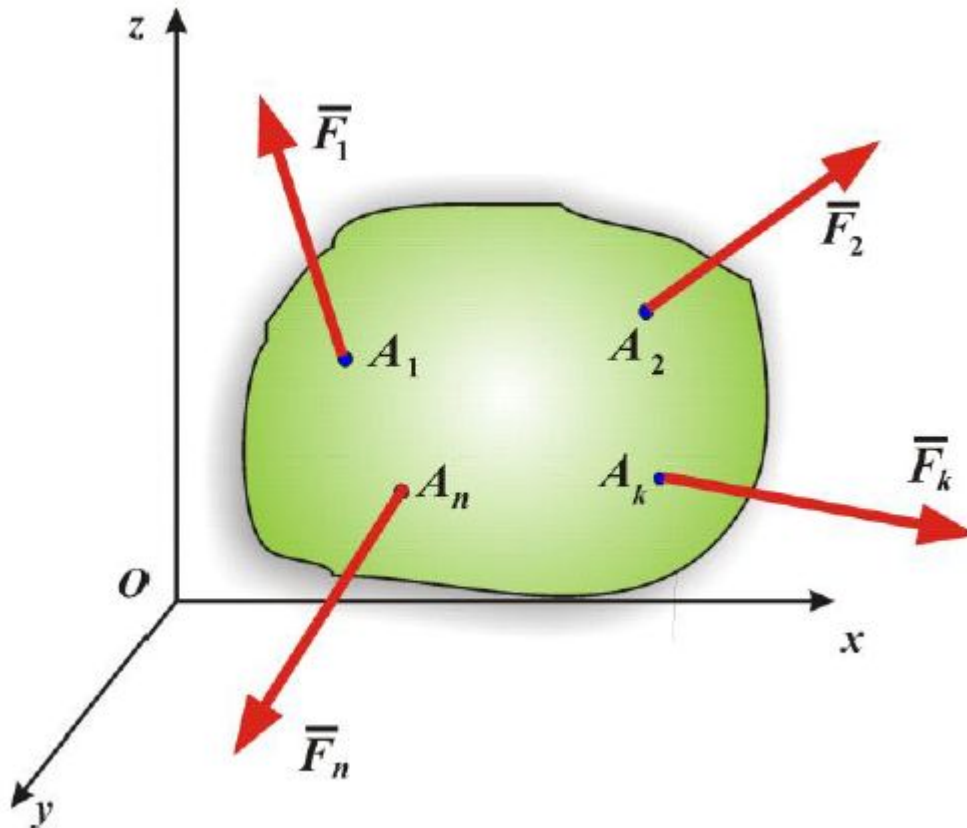
Силу, как и все другие векторные величины, будем обозначать буквой с чертой над ней –  $\vec{F}$ , а модуль силы той же буквой но без черты –  $F$ .



# Статика. Основные понятия

2. Система сил – совокупность сил, действующих на рассматриваемое тело или тела.

$$\left(\overline{F}_1, \overline{F}_2, \dots, \overline{F}_n\right) \sim \left\{\overline{F}_k\right\}_n.$$



# **Статика. Основные понятия**

Система сил может быть:

- ***сходящейся*** , если линии всех сил системы пересекаются в одной точке; эта точка называется *точкой схода* ;

# **Статика. Основные понятия**

Система сил может быть:

- ***сходящейся*** , если линии всех сил системы пересекаются в одной точке; эта точка называется *точкой схода* ;
- ***плоской*** , если все силы лежат в одной плоскости;
- **пространственной**, если силы не лежат в одной плоскости;

# **Статика. Основные понятия**

Система сил может быть:

- ***сходящейся*** , если линии всех сил системы пересекаются в одной точке; эта точка называется *точкой схода* ;
- ***плоской*** , если все силы лежат в одной плоскости;
- ***пространственной***, если силы не лежат в одной плоскости;
- ***системой параллельны сил*** , если линии действия сил параллельны друг другу.

## Статика. Основные понятия

3. Если одну систему сил  $\{\overline{F}_k\}_n$ , действующих на свободное твердое тело, можно заменить другой системой  $\{\overline{Q}_k\}_m$ , не изменяя при этом состояние покоя или движения, в котором находится тело, то такие две системы сил называют *эквивалентными*.

$$\left(\overline{F}_k\right)_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m$$

## Статика. Основные понятия

3. Если одну систему сил  $\{\overline{F}_k\}_n$ , действующих на свободное твердое тело, можно заменить другой системой  $\{\overline{Q}_k\}_m$ , не изменяя при этом состояние покоя или движения, в котором находится тело, то такие две системы сил называют *эквивалентными*.

$$\left(\overline{F}_k\right)_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m$$

Эквивалентные системы сил обладают свойствами *рефлексивности*, если:

$$\left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m, \text{ то } \left\{\overline{Q}_k\right\}_m \sim \left\{\overline{F}_k\right\}_n,$$

и *транзитивности*, если :

$$\left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim \left\{\overline{T}_k\right\}_r \text{ и } \left\{\overline{Q}_k\right\}_m \sim \left\{\overline{T}_k\right\}_r, \text{ то } \left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m.$$

## Статика. Основные понятия

3. Если одну систему сил  $\{\overline{F}_k\}_n$ , действующих на свободное твердое тело, можно заменить другой системой  $\{\overline{Q}_k\}_m$ , не изменяя при этом состояние покоя или движения, в котором находится тело, то такие две системы сил называют *эквивалентными*.

$$\left(\overline{F}_k\right)_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m$$

Эквивалентные системы сил обладают свойствами *рефлексивности*, если:

$$\left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m, \text{ то } \left\{\overline{Q}_k\right\}_m \sim \left\{\overline{F}_k\right\}_n,$$

и *транзитивности*, если :

$$\left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim \left\{\overline{T}_k\right\}_r \text{ и } \left\{\overline{Q}_k\right\}_m \sim \left\{\overline{T}_k\right\}_r, \text{ то } \left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim \left\{\overline{Q}_k\right\}_m.$$

4. Система сил называется **уравновешенной**, или **эквивалентной нулю**, если свободное твердое тело не изменит состояния покоя под действием этих сил.

Условия, при которых система сил оказывается уравновешенной, называются **условия равновесия этих сил**. Законы равновесия твердых тел совпадают с условиями равновесия сил приложенных к этим телам.

$$\left\{\overline{F}_k\right\}_n \sim 0.$$



## **Статика. Основные понятия**

5. Сила называется **уравновешивающей** данную систему сил, если она вместе с этой системой образует уравновешенную систему сил:

$$\{\overline{F}_k, \overline{Q}\}_n \sim 0.$$

отсюда следует, что любая из сил уравновешенной системы является уравновешивающей силой для всех остальных сил.

## Статика. Основные понятия

5. Сила называется **уравновешивающей** данную систему сил, если она вместе с этой системой образует уравновешенную систему сил:

$$\{\overline{F}_k, \overline{Q}\}_n \sim 0.$$

отсюда следует, что любая из сил уравновешенной системы является уравновешивающей силой для всех остальных сил.

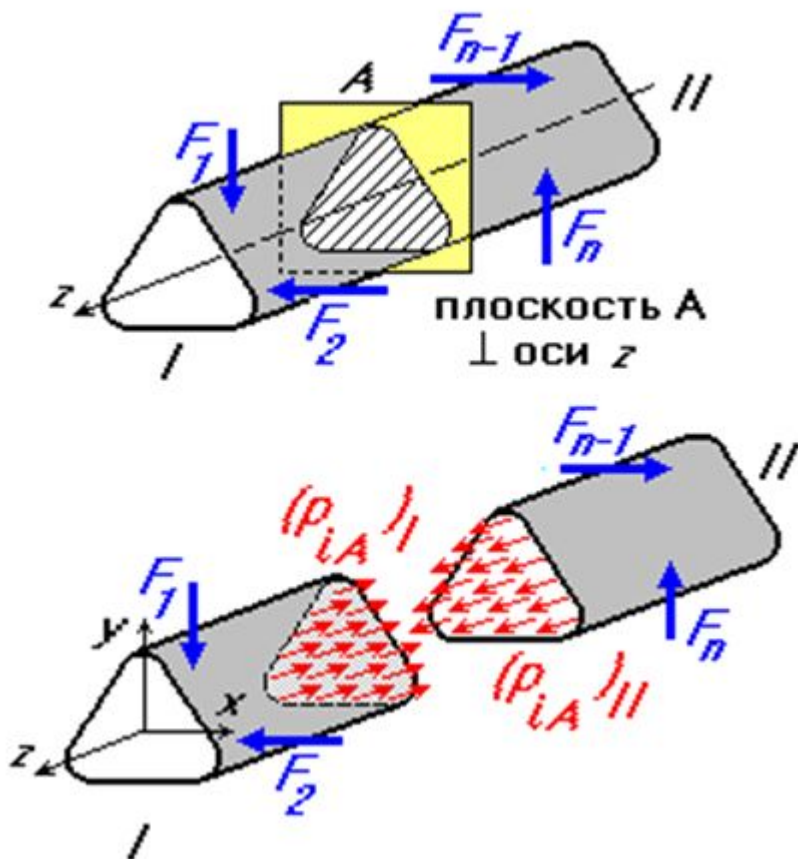
6. Сила, эквивалентная системе сил, называется **равнодействующей** данной системы сил:

$$\overline{R} \sim \{\overline{F}_k\}_n.$$

Следует отметить, что не всякая система сил имеет равнодействующую

# Статика. Основные понятия

7. Силы, действующие на данное тело (или систему тел), можно разделить на *внешние* и *внутренние*. Внешними называют силы, которые действуют на это тело, со стороны других тел, а внутренними – силы, с которыми части данного тела действуют друг на друга.



$P_{iA}$  - система внутренних сил в сечении A.

$$(P_{iA})_I = -(P_{iA})_{II}$$

Внутренние силы  $P_{iA}$  - реакции внутренних связей.

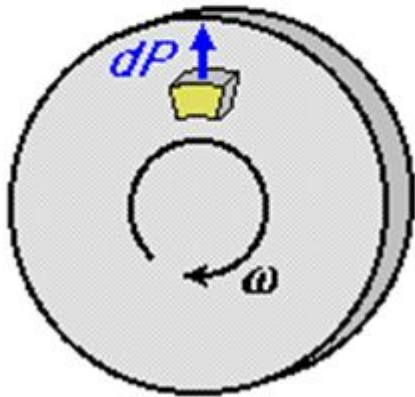
# Статика. Основные понятия

8. Сила, приложенная к телу в какой-нибудь одной его точке, называется **сосредоточенной**. Силы, действующие на все точки данного объема или данной части поверхности тела, называются **распределенными**.

К **объемным силам** относят  
силы инерции ;  
электромагнитные силы ;  
силы веса и т.п.

Размерность объемных сил :

$\text{Н/м}^3$  или  $\text{МН/м}^3$

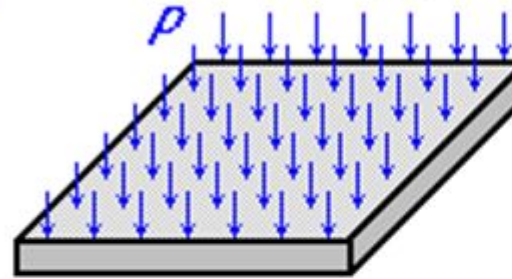


$dP$  - центробежная сила,  
действующая на  
элемент диска

**Поверхностные силы**

подразделяют на следующие :

$p$  - **давление** , нагрузка , распределенная  
по поверхности



Размерность давления  
 $\text{Н/м}^2$  или  $\text{МН/м}^2$

$q$  - **интенсивность** , нагрузка , приходящаяся  
на единицу длины



Размерность интенсивности  
 $\text{Н/м}$  ,  $\text{кН/м}$  или  $\text{МН/м}$

$F$  - **сосредоточенная сила** , действующая  
на небольшой участок детали



Размерность силы  
 $\text{Н}$  ,  $\text{кН}$  ,  $\text{МН}$

# **Статика. Основные понятия**

**Задачами статики являются:**

- 1. Преобразование систем сил, действующих на твердое тело, в системы их эквивалентные, в частности приведение данной системы сил к простейшему виду;**

# **Статика. Основные понятия**

**Задачами статики являются:**

- 1. Преобразование систем сил, действующих на твердое тело, в системы их эквивалентные, в частности приведение данной системы сил к простейшему виду;**
- 2. Определение условий равновесия систем сил, действующих на твердое тело.**

# **Статика. Основные понятия**

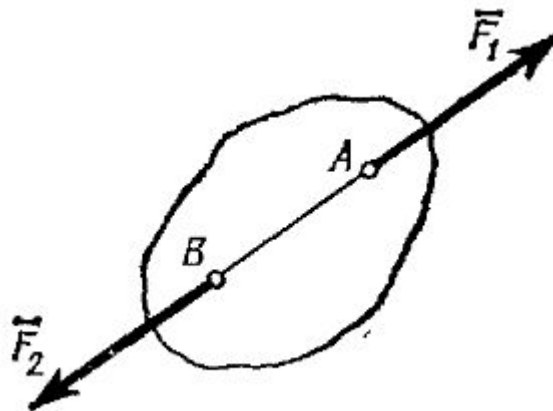
**Задачами статики являются:**

- 1. Преобразование систем сил, действующих на твердое тело, в системы их эквивалентные, в частности приведение данной системы сил к простейшему виду;**
- 2. Определение условий равновесия систем сил, действующих на твердое тело.**

Решать задачи статики можно или путем соответствующих геометрических построений (**геометрический и графический** методы), или с помощью численных расчетов (**аналитический** метод).

## Статика. Аксиомы статики

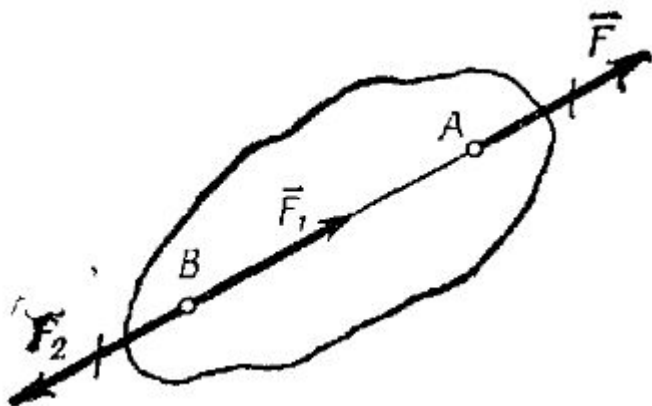
**Аксиома №1**: если на свободное абсолютно твердое тело действуют две силы, то тело может находиться в равновесии тогда и только тогда, когда эти силы равны по модулю и направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны.





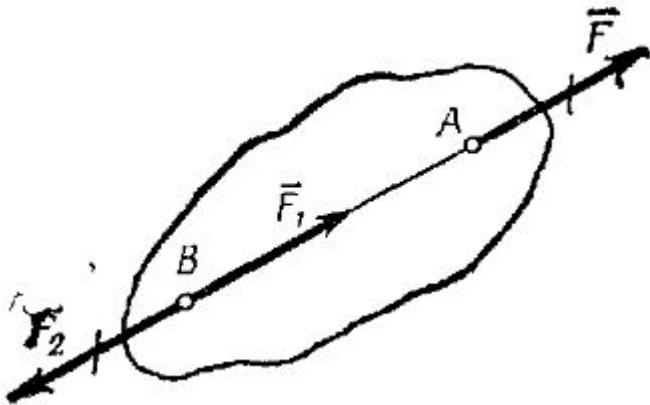
## Статика. Аксиомы статики

**Аксиома №2:** действие данной системы сил на абсолютно твердое тело не изменяется, если к ней прибавить или от нее отнять уравновешенную систему сил, т.е. две системы сил, отличающиеся на уравновешенную систему, эквивалентны друг другу.



## Статика. Аксиомы статики

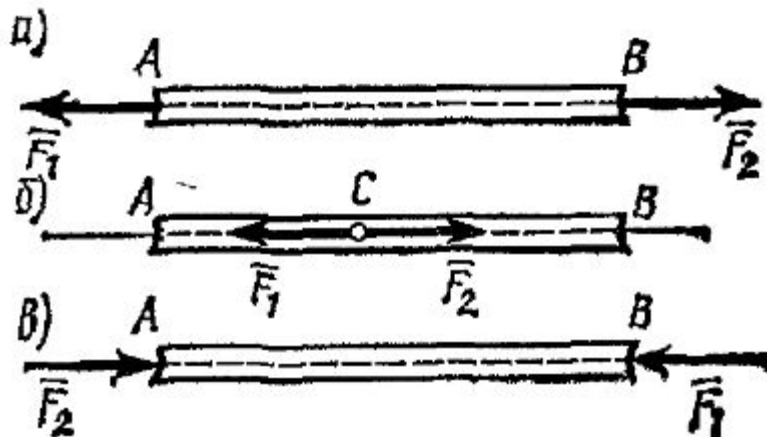
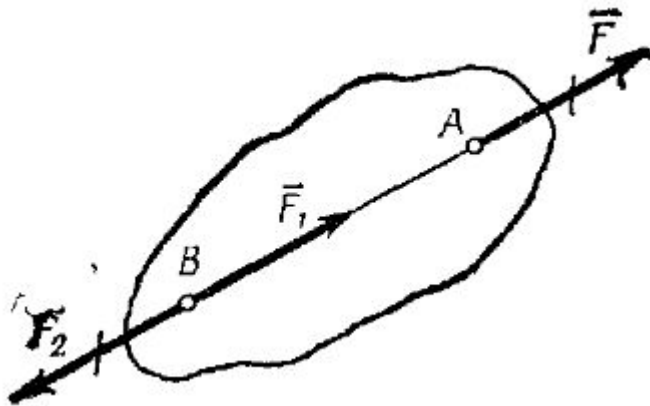
**Аксиома №2:** действие данной системы сил на абсолютно твердое тело не изменяется, если к ней прибавить или от нее отнять уравновешенную систему сил, т.е. две системы сил, отличающиеся на уравновешенную систему, эквивалентны друг другу.



**Следствие:** действие силы на абсолютно твердое тело не изменится, если перенести точку приложения силы вдоль ее линии действия, в любую точку тела. Вектор силы при этом будем называть скользящим.

# Статика. Аксиомы статики

**Аксиома №2:** действие данной системы сил на абсолютно твердое тело не изменяется, если к ней прибавить или от нее отнять уравновешенную систему сил, т.е. две системы сил, отличающиеся на уравновешенную систему, эквивалентны друг другу.



**Следствие:** действие силы на абсолютно твердое тело не изменится, если перенести точку приложения силы вдоль ее линии действия, в любую точку тела. Вектор силы при этом будем называть **скользящим**.

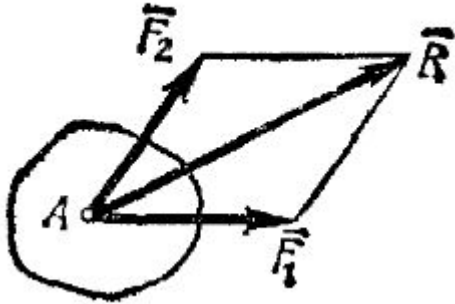
Полученный результат может быть использован только при определении условий равновесия конструкции и не может быть использован при определении внутренних усилий.

При определении внутренних усилий переносить точку приложения силы вдоль линии действия нельзя!

## Статика. Аксиомы статики

**Аксиома №3:** Закон параллелограмма сил: две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, приложенную в той же точке и изображаемую диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на сторонах. Вектор  $\vec{R}$ , равный диагонали параллелограмма, построенного на векторах  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , называется геометрической суммой векторов  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ :

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$



# Статика. Аксиомы статики

**Аксиома №3:** Закон параллелограмма сил: две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, приложенную в той же точке и изображаемую диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на сторонах. Вектор  $\vec{R}$ , равный диагонали параллелограмма, построенного на векторах  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , называется геометрической суммой векторов  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ :

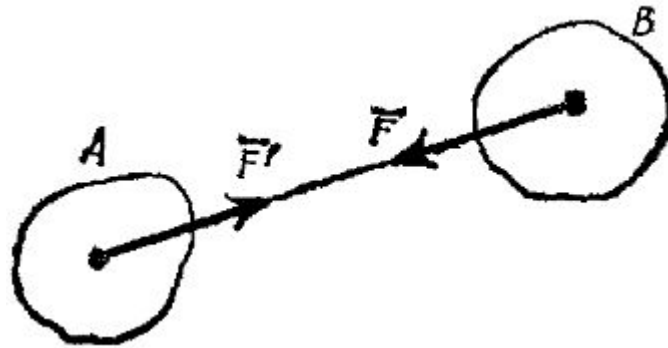
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

Другая формулировка закона параллелограмма: две силы, приложенные к телу в одной точке, имеют равнодействующую, равную векторной сумме этих сил и приложенную в той же точке.



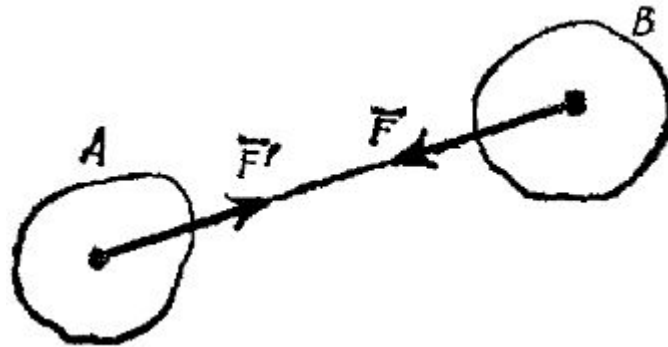
## Статика. Аксиомы статики

**Аксиома №4:** закон равенства действия и противодействия: при всяком действии одного материального тела на другое имеет место такое же численно, но противоположное по направлению противодействие. Этот закон является одним из основных законов механики. Заметим, что силы  $\vec{F}$  и  $\vec{F}'$  как приложенные к разным телам, не образуют уравновешенную систему сил.



## Статика. Аксиомы статики

**Аксиома №4:** закон равенства действия и противодействия: при всяком действии одного материального тела на другое имеет место такое же численно, но противоположное по направлению противодействие. Этот закон является одним из основных законов механики. Заметим, что силы  $F$  и  $F'$  как приложенные к разным телам, не образуют уравновешенную систему сил.



Свойство внутренних сил: две любые части тела действуют друг на друга с равными по модулю и противоположно направленными силами. Следовательно, при изучении условий равновесия тела необходимо учитывать только **внешние силы**.

## ***Статика. Аксиомы статики***

**Аксиома №5:** принцип **отвердевания:** равновесие изменяемого (деформируемого тела), находящегося под действием данной системы сил, не нарушится, если тело считать отвердевшим (абсолютно твердым).

Принцип отвердевания широко используется в инженерных расчетах т.к. позволяет рассматривать любое изменяемое тело (ремень, трос, цепь и т.д.) или любую изменяемую конструкцию как абсолютно жесткие и применять к ним методы статики твердого тела.



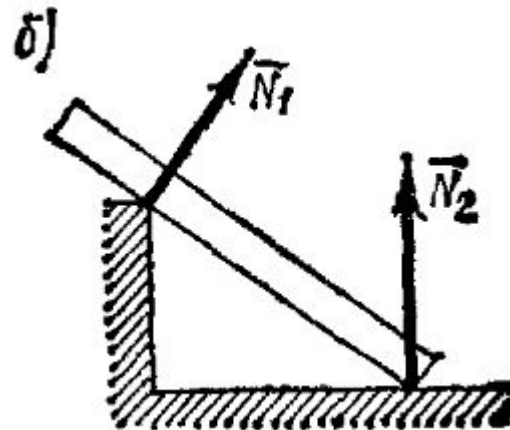
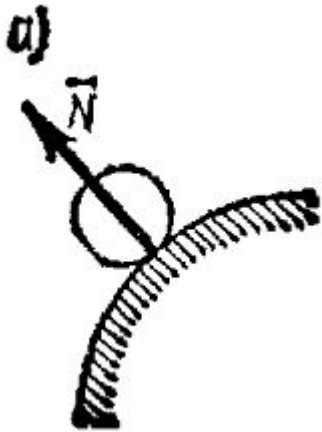
# Статика. Связи. Реакции связей

## Гладкая плоскость (поверхность) или опора

Гладкой называется поверхность, трением о которую можно пренебречь.

Реакция  $\vec{N}$  гладкой поверхности или опоры направлена по общей нормали к поверхности соприкасающихся тел в точке их касания и приложена в этой точке.

Когда одна из поверхностей является точкой (б), то реакция направлена по нормали к другой поверхности.



# Статика. Связи. Реакции связей

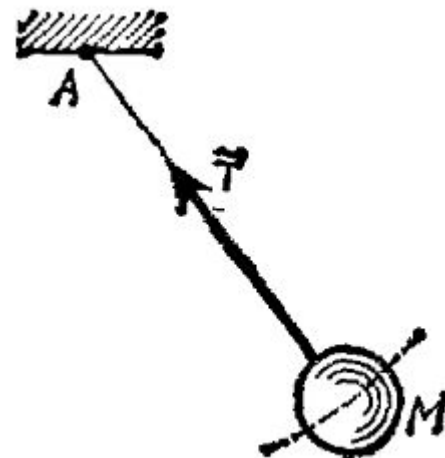
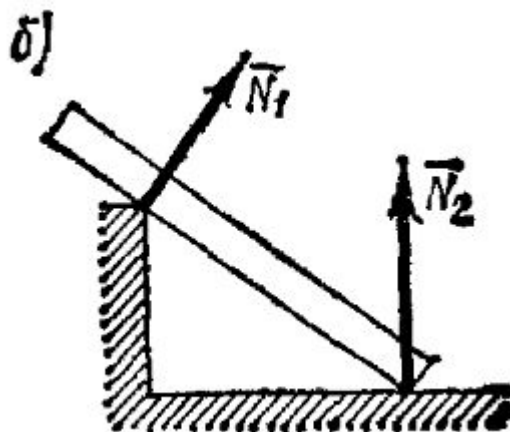
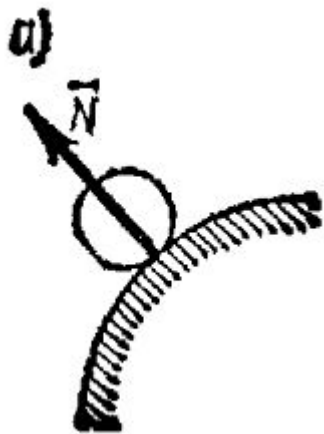
## Гладкая плоскость (поверхность) или опора

Гладкой называется поверхность, трением о которую можно пренебречь.

Реакция  $\vec{N}$  гладкой поверхности или опоры направлена по общей нормали к поверхности соприкасающихся тел в точке их касания и приложена в этой точке.

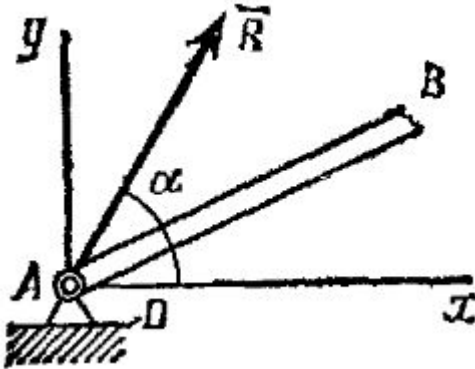
Когда одна из поверхностей является точкой (б), то реакция направлена по нормали к другой поверхности.

**Нить** – связь этого типа не дает телу удаляться от точки подвеса нити по направлению  $AM$ , поэтому реакция  $\vec{T}$  направлена вдоль нити к точке подвеса.



# Статика. Связи. Реакции связей

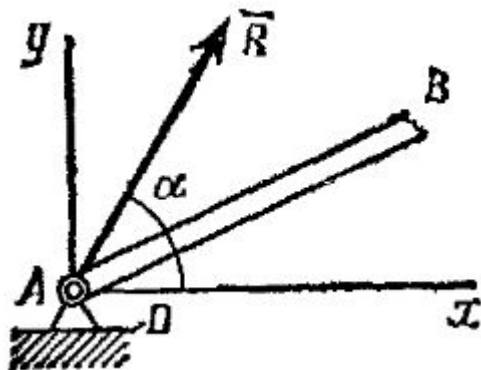
## 3. Цилиндрический шарнир (подшипник)



При этом осуществляется такое соединение двух тел при котором одно тело может вращаться по отношению к другому вокруг общей оси (оси шарнира). Реакция цилиндрического шарнира может иметь любое направление в плоскости  $Ax$ .

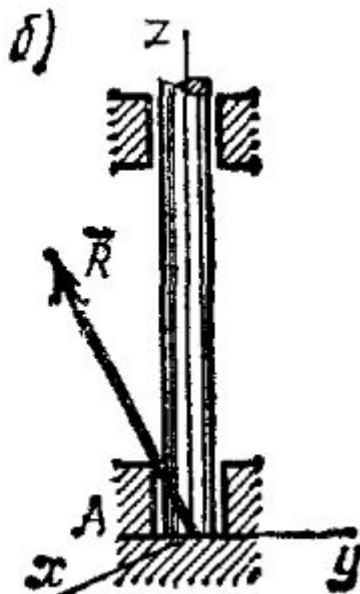
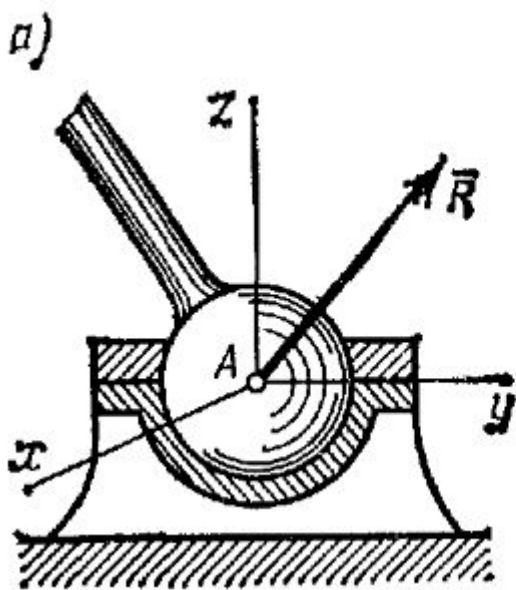
# Статика. Связи. Реакции связей

## 3. Цилиндрический шарнир (подшипник)



При этом осуществляется такое соединение двух тел при котором одно тело может вращаться по отношению к другому вокруг общей оси (оси шарнира). Реакция цилиндрического шарнира может иметь любое направление в плоскости  $Ax$ .

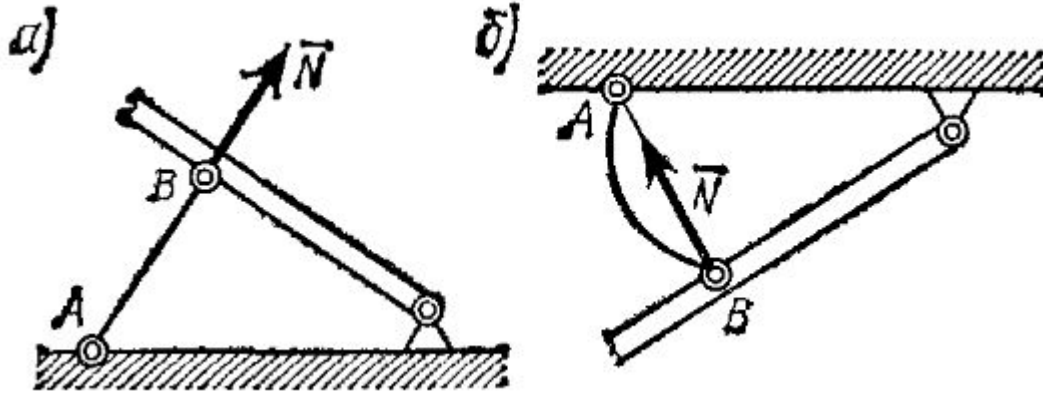
## 4. Сферический шарнир и подпятник



Тела, соединенные сферическим шарниром, могут как угодно поворачиваться одно относительно другого вокруг центра шарнира. Реакция сферического шарнира  $\vec{R}$  может иметь любое направление в пространстве. Произвольное направление в пространстве может иметь и реакция подпятника.

# Статика. Связи. Реакции связей

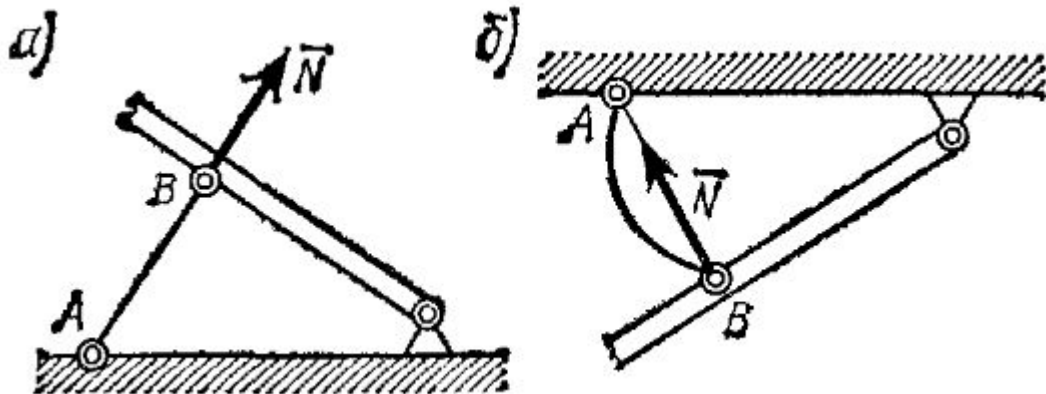
## 5. Невесомый стержень.



Реакция  $\vec{N}$  невесомого шарнирно закрепленного прямолинейного и криволинейного стержня направлена вдоль его оси.

# Статика. Связи. Реакции связей

## 5. Невесомый стержень.

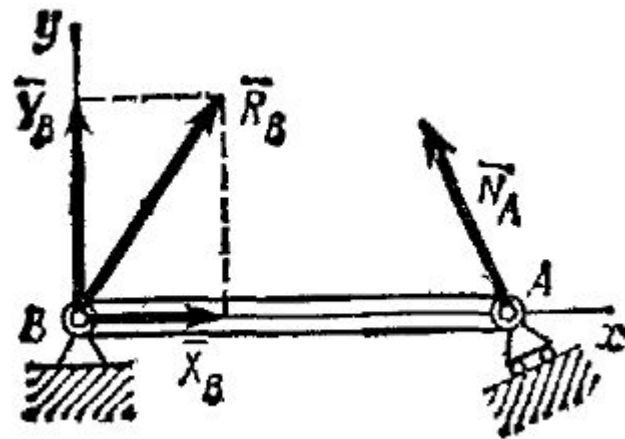


Реакция  $\overline{N}$  невесомого шарнирно закрепленного прямолинейного и криволинейного стержня направлена вдоль его оси.

## 6. Подвижная шарнирная опора.

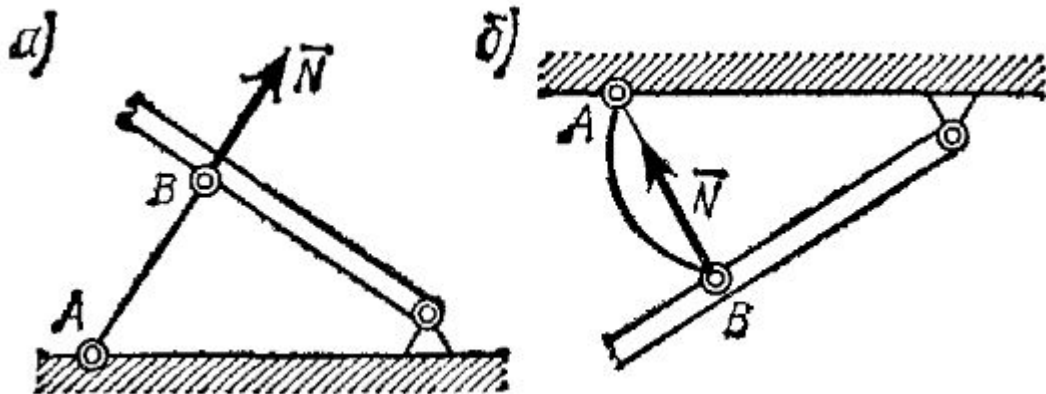
Реакция  $\overline{N}_A$  такой опоры направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки подвижной опоры.

и  $\overline{R}_B$ .



# Статика. Связи. Реакции связей

## 5. Невесомый стержень.



Реакция  $\vec{N}$  невесомого шарнирно закрепленного прямолинейного и криволинейного стержня направлена вдоль его оси.

## 6. Подвижная шарнирная опора.

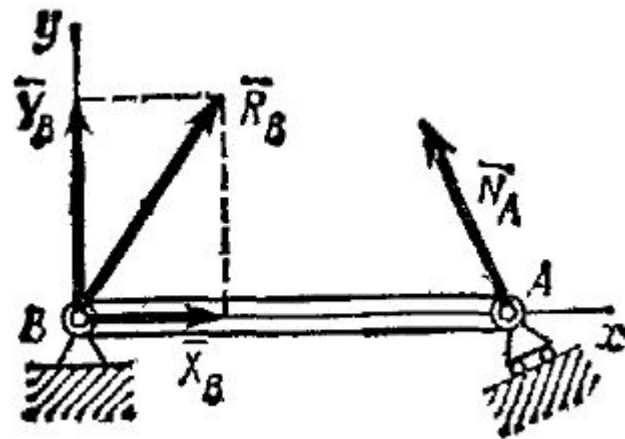
Реакция  $\vec{N}$  такой опоры направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки подвижной опоры.

## 7. Неподвижная шарнирная опора.

Реакция  $\vec{R}_B$  такой опоры проходит через ось шарнира и может иметь любое направление в плоскости чертежа. При определении реакции ее представляют в виде проекций на оси

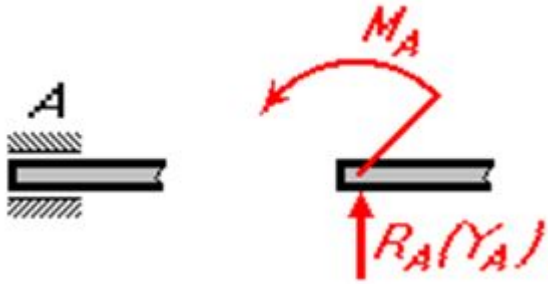
$$\vec{R}_B \quad \text{и} \quad \vec{N}_A$$

$$\vec{X}_B \quad \vec{Y}_B$$



# Статика. Связи. Реакции связей

## 8. Скользящая заделка.

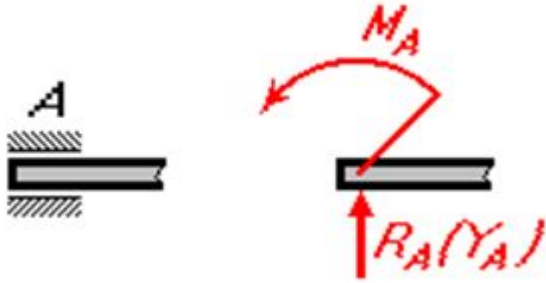


Реакции такой опоры представлены сосредоточенной силой  $\overline{R}_A$  ( $\overline{Y}_A$ ), и сосредоточенным моментом  $M_A$ .



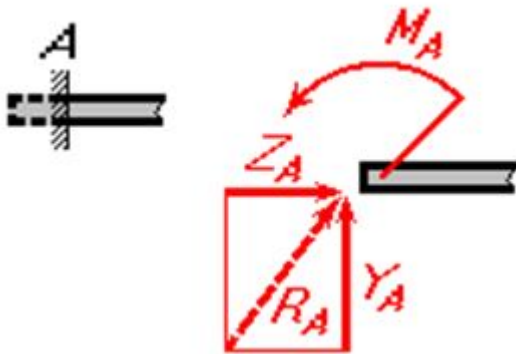
# Статика. Связи. Реакции связей

## 8. Скользящая заделка.



Реакции такой опоры представлены сосредоточенной силой  $\overline{R}_A$  ( $\overline{Y}_A$ ), и сосредоточенным моментом  $M_A$ .

## 9. Жесткая заделка.



Реакции такой опоры представлены сосредоточенной силой  $\overline{R}_A$  или двумя ее проекциями на оси X и Z и сосредоточенным моментом  $M_A$ .