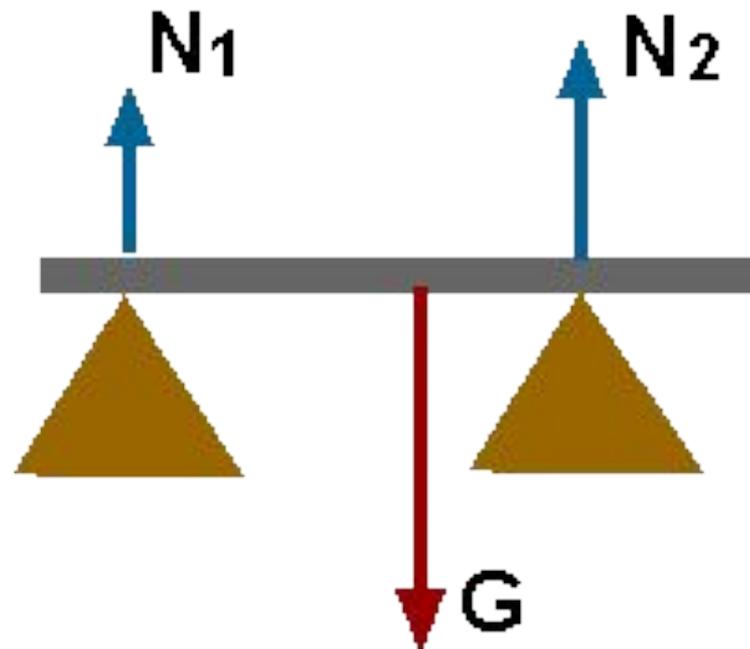


# Статика. Основные понятия и аксиомы

Техническая механика



# Статика

- от греч.  $\sigma\tau\alpha\tau\acute{o}\varsigma$  – неподвижный

Раздел механики, в котором изучаются условия **равновесия** механических систем **под действием** приложенных к ним сил и моментов

Наука о **равновесии** материальных объектов **относительно** каких-то других, изначально считающихся **неподвижными** (звёзды, Солнце, Земля)

# Сила

Мера механического взаимодействия материальных тел между собой

Может вызвать:

- **движение** тела
- если движение невозможно – **деформацию**

# Единица измерения

Международная система единиц (СИ)  
фр. Le Système International d'Unités, SI

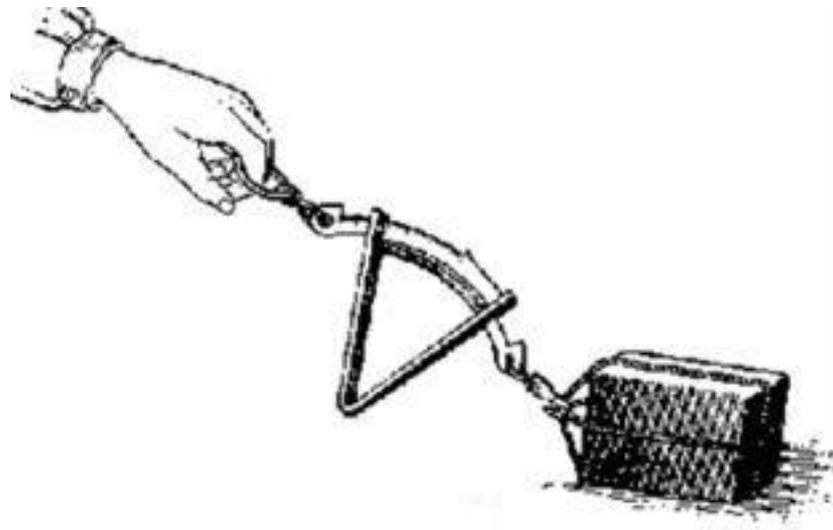
**1 Ньютон** – сила, сообщающая телу массой *1 кг* ускорение *1 м/сек<sup>2</sup>* в направлении действия силы

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

# Динамометр

- от древнегреческого  
δύναμις – сила  
μέτρεω – измеряю

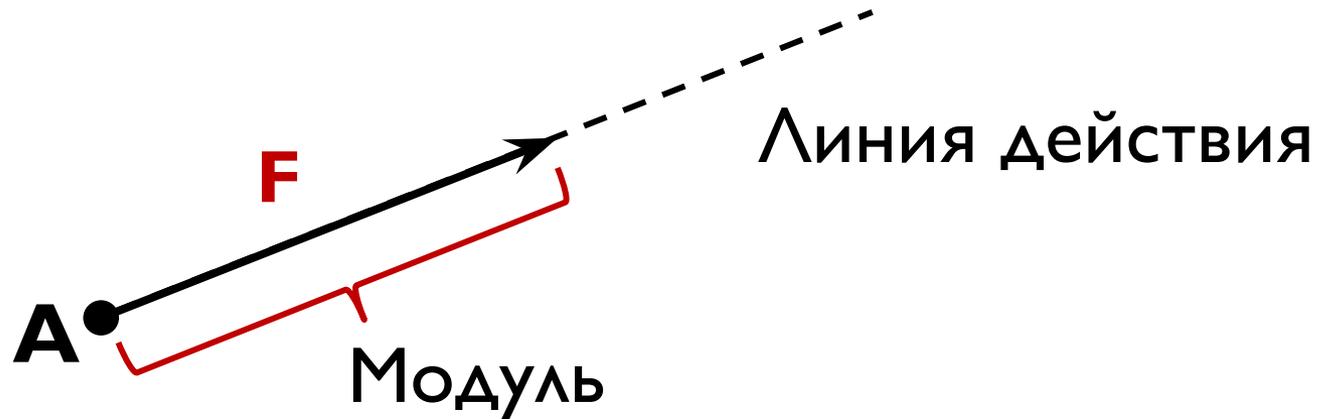
прибор для измерения силы



# Сила

## Векторная величина:

- Точка приложения
- Направление (линия действия)
- Величина (модуль)



лат. *Fortis* – крепкий, сильный

# Точка приложения

условная точка материального тела, к которой непосредственно приложена сила

во многих задачах оказывает решающее значение на результат силового воздействия

# Направление силы

- направление, в котором перемещалось бы изначально покоящееся тело, под действием этой силы

# Система тел

Совокупность тел (или материальных точек), взаимодействующих между собой

**Силы,  
действующие на  
тело**



**Внутренние**

**СИЛЫ  
взаимодействи  
я между  
телами одной  
системы**



**Внешние**

**воздействуют  
на систему со  
стороны  
других тел  
/систем**

# Деление сил на **внешние** и **внутренние** – условное

Зависит от

- постановки задачи
- метода решения

Систему сил рассечь на части  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  рассмотреть равновесие каждой из  
частей в отдельности  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  многие **внутренние** силы всей системы  
станут для отдельных её частей  
**внешними**

# Метод сечений

Условное расчленение системы тел на отдельные составляющие части

Широко используется при решении многих задач технической механики

Позволяет определить внутренние силы, действующие в системе

**Внешние силы**

```
graph TD; A[Внешние силы] --> B[Активные]; A --> C[Реактивные];
```

**Активные**

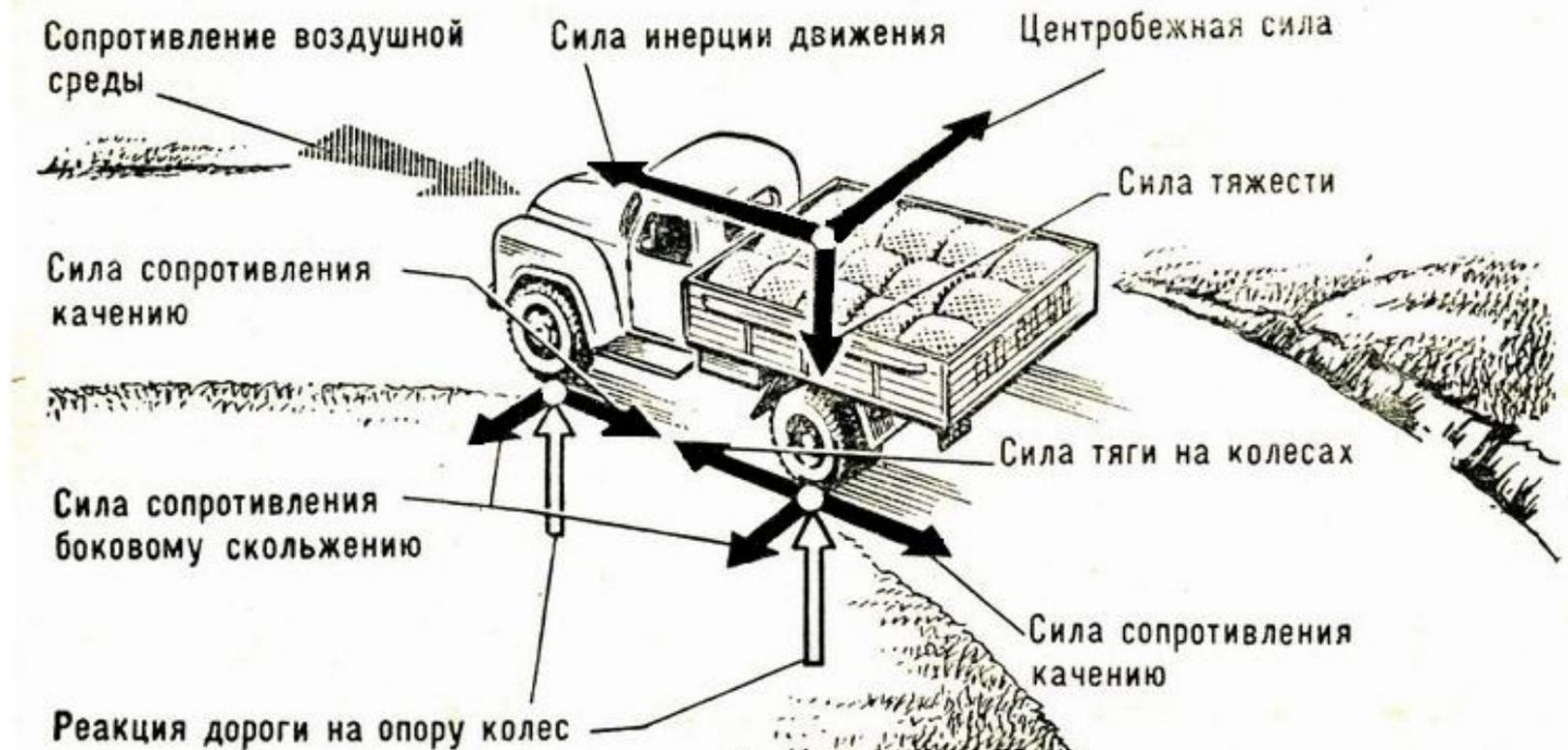
**вызывают  
перемещение  
или деформацию  
тела  
нагрузка**

**Реактивные**

**противодействуют  
перемещению и  
деформации  
реакция  
зависят от величины  
активных сил**

# Система сил

Совокупность сил, действующих на какое-либо тело



# Уравновешенная система сил

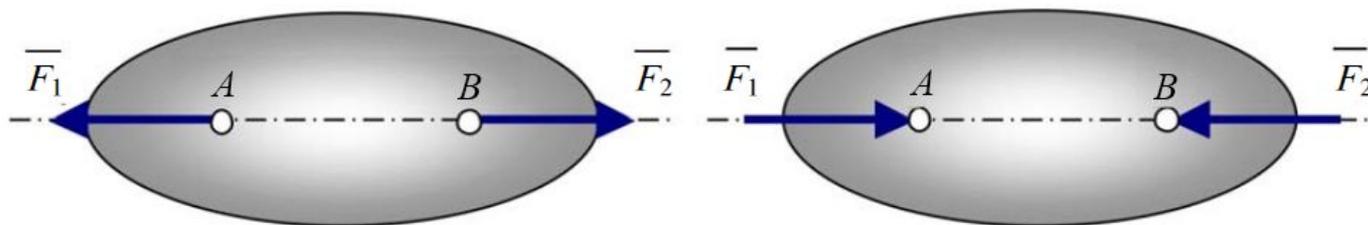
Система, которая, будучи приложенной к телу, не изменяет его состояния

**Уравновешенная = Эквивалентная  
нулю**

Систему сил можно заменить  
**равнодействующей**, действующей так,  
как система сил

Статика

# АКСИОМЫ СТАТИКИ



# Аксиомы статики

- Положения, подтвержденные опытным путем
- Основные аксиомы сформулированы Исааком Ньютоном

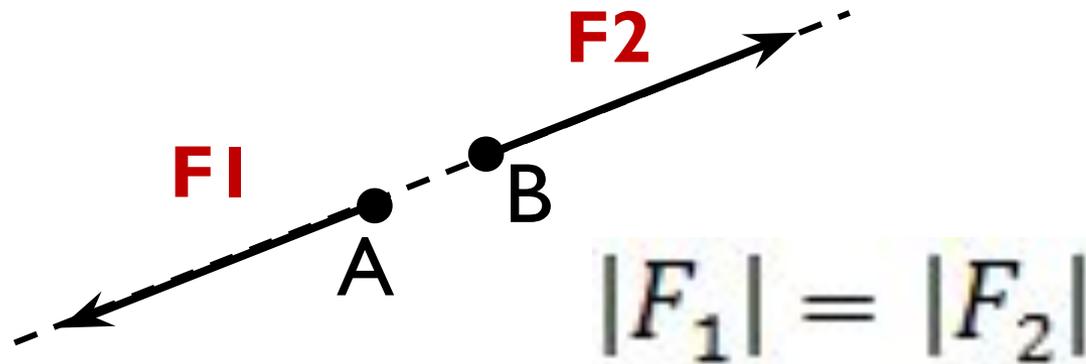
# Первая аксиома

Под действием уравновешенной системы сил абсолютно твёрдое тело или материальная точка находятся в равновесии или движутся равномерно и прямолинейно

- **Закон инерции**
- **Инертность** – способность материальных тел сохранять движение при отсутствии действующих сил или постепенно изменять это движение, когда на тело начинают действовать силы

# Вторая аксиома

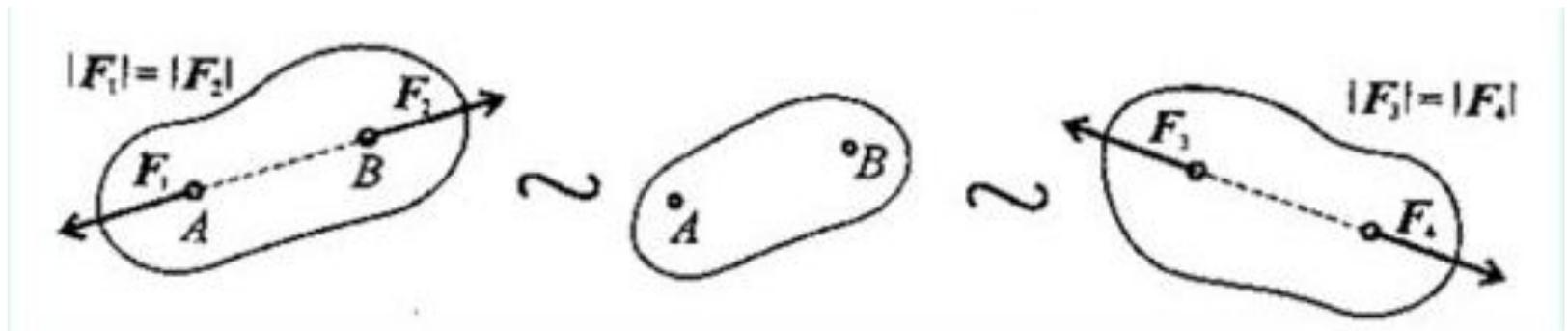
- Две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в разные стороны, уравниваются



# Третья аксиома

Не нарушая механического состояния тела, можно добавить или убрать уравновешенную систему сил

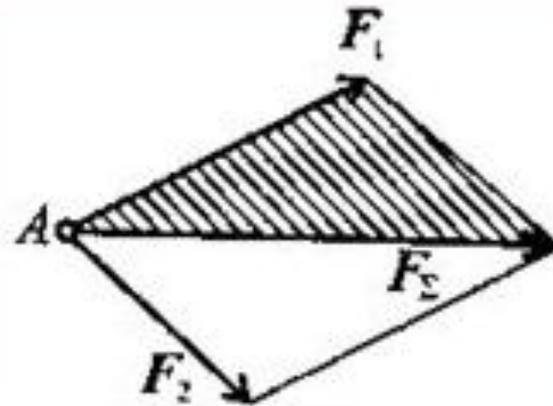
**Принцип отбрасывания системы сил, эквивалентной нулю**



# Четвёртая аксиома

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

## Правило параллелограмма сил

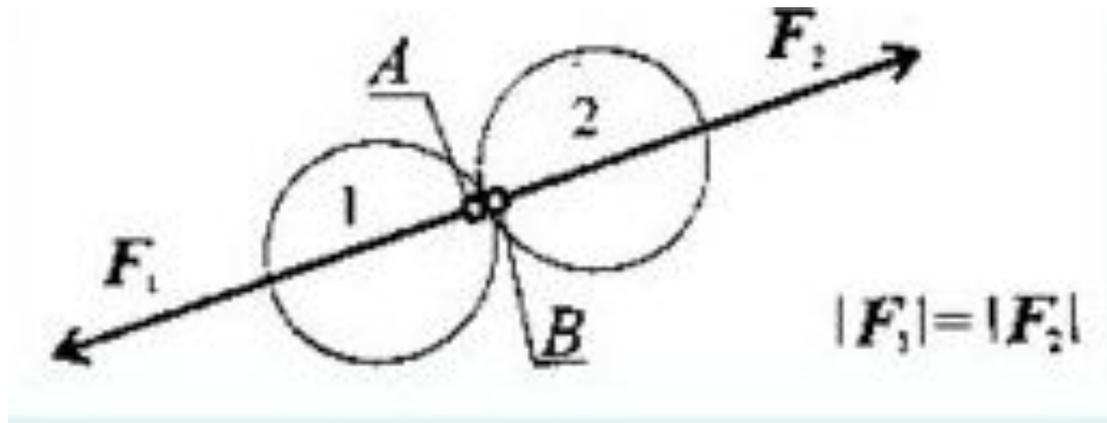


# Пятая аксиома

- При взаимодействии тел всякому действию соответствует равное и противоположно направленное противодействие
- Силы действующие и противодействующие всегда приложены к разным телам, и потому они **не уравниваются**

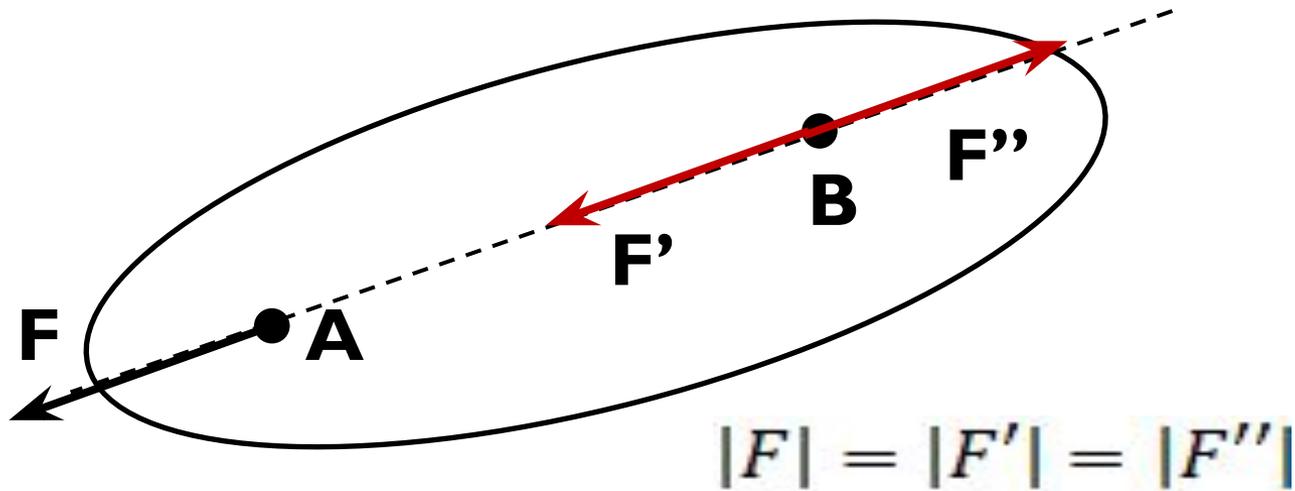
# Пятая аксиома

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



# Следствие из 2 и 3 аксиом

Силу, действующую на твёрдое тело, можно перемещать вдоль линии её действия



**Тела**

```
graph TD; A[Тела] --> B[Свободные]; A --> C[Связанные];
```

**Свободные**

**перемещение  
не ограничено**

**Связанные**

**перемещение  
ограничено  
другими телами –  
СВЯЗЯМИ**



В природе **не существует** абсолютно свободных тел

При решении практических задач несущественные связи между телами и материальными точками не учитываются

В статике **свободным** считается тело, которое не испытывает ощутимых препятствий своему перемещению или движению в любом направлении

# Принцип отвердевания

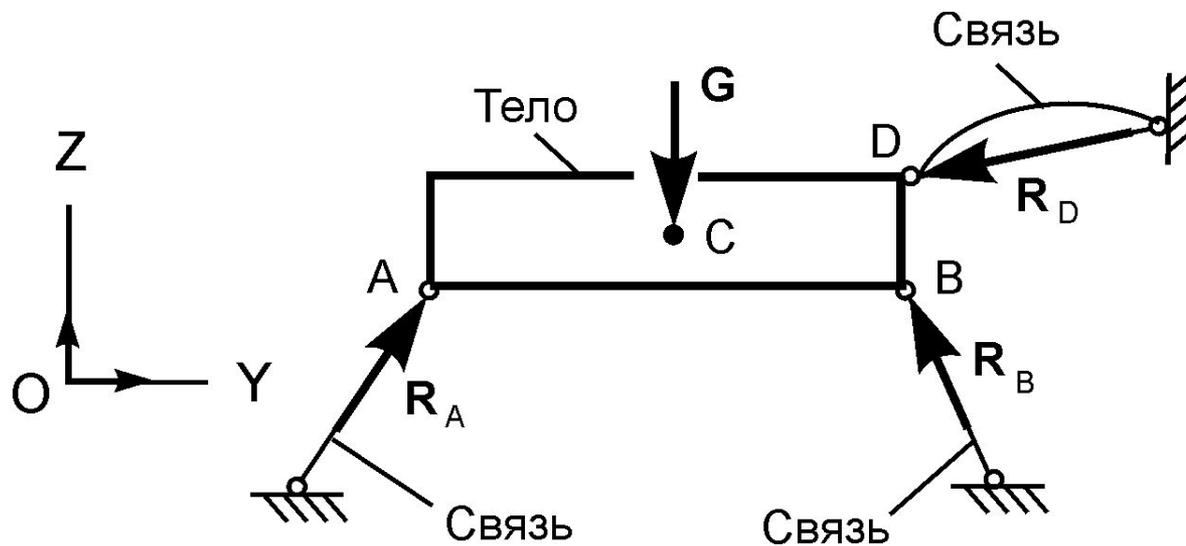
- механическое состояние нетвердого тела не нарушится, если оно станет абсолютно твердым

## Пример

- если жидкость в сосуде находится в состоянии равновесия, то оно не нарушится и после замерзания жидкости

Статика

# СВЯЗИ



# Связи

Любого вида ограничения,  
накладываемые на положения,  
скорости точек механической системы,  
независящие от действующих сил

# Реакция связи

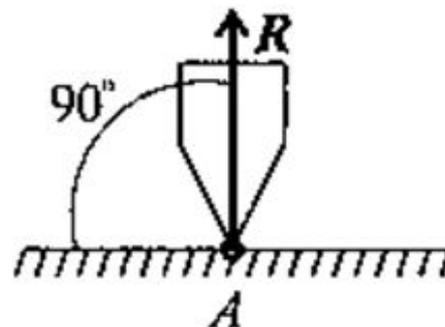
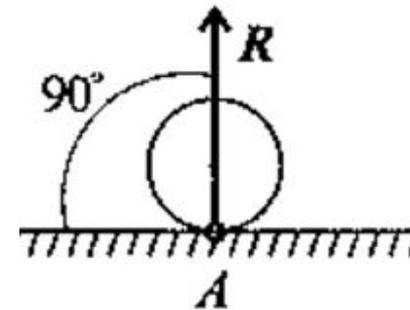
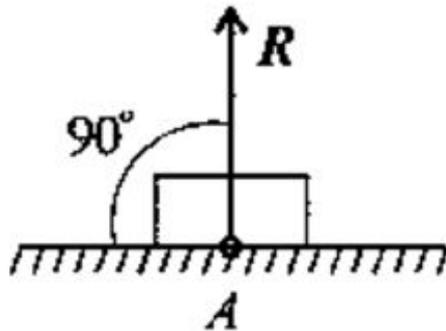
- Сила, действующая от связи и препятствующая перемещению
- Направлена с той стороны, куда нельзя перемещаться

# Принцип освобождения от связей

- Всякое связанное тело можно представить свободным, если связи заменить их реакциями

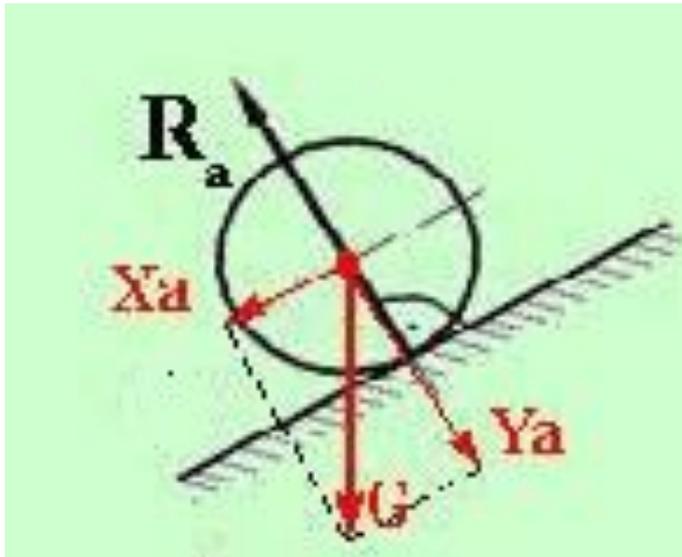
# Гладкая опора

- Без трения
- Реакция опоры приложена в точке опоры и всегда направлена перпендикулярно опоре



# Гладкая опора

Если поверхность наклонная, сила тяжести  $G$  раскладывается на две составляющих

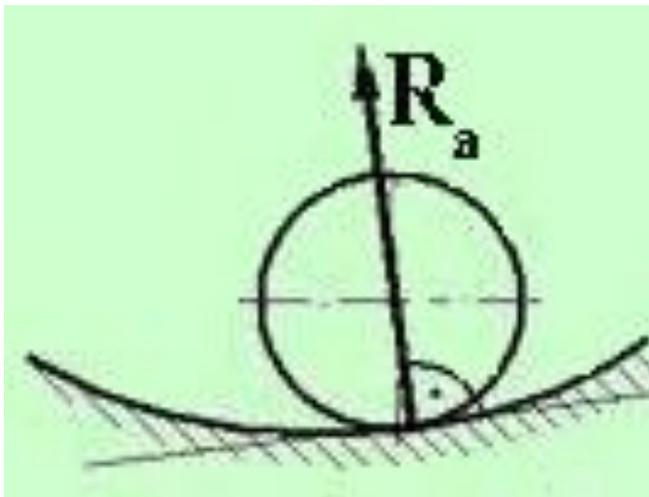


$X_a$  – параллельно плоскости, двигает тело по уклону

$Y_a$  – перпендикулярно плоскости, прижимает тело к ней

# Гладкая поверхность

Отличается от плоскости  
криволинейностью



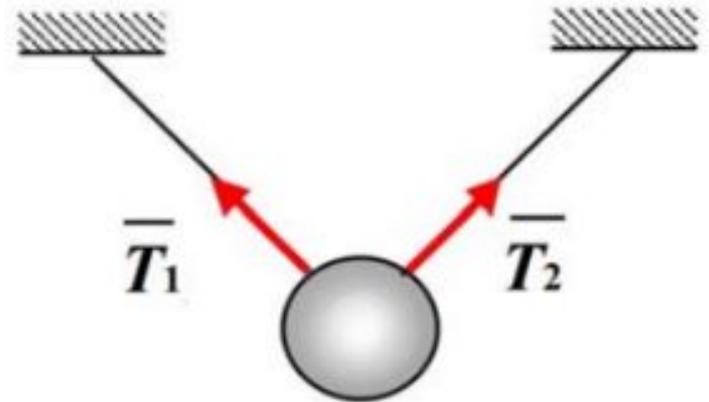
Реагирует  
перпендикулярно  
касательной  
плоскости

# Гибкая связь

Нить, верёвка, трос, цепь

Не позволяет телу удаляться от точки подвеса

Реакция нити  
направлена вдоль  
нити от тела,  
при этом нить может  
быть только растянута

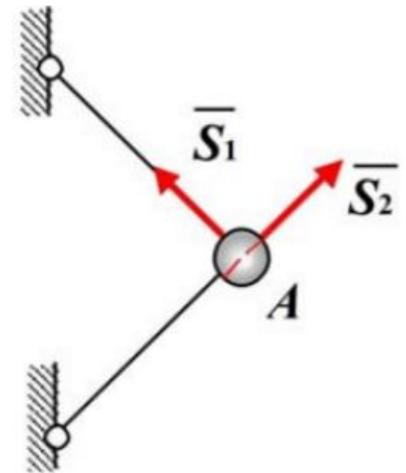


# Жёсткий стержень

- Изображают толстой сплошной линией
- Стержень может быть сжат или растянут
- Реакция направлена вдоль стержня

Определение **направления**:

1. Мысленно убираем стержень
  2. Рассматриваем возможные перемещения тела без этой связи
- связи

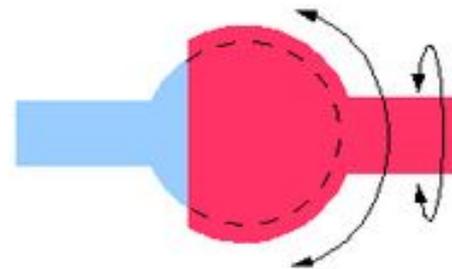


# Шарнирная опора

- Допускает поворот вокруг точки закрепления

## Шарнир

Подвижное соединение двух частей, обеспечивающее им вращательное движение



**Шарниры**

```
graph TD; A[Шарниры] --> B[Подвижные]; A --> C[Неподвижные];
```

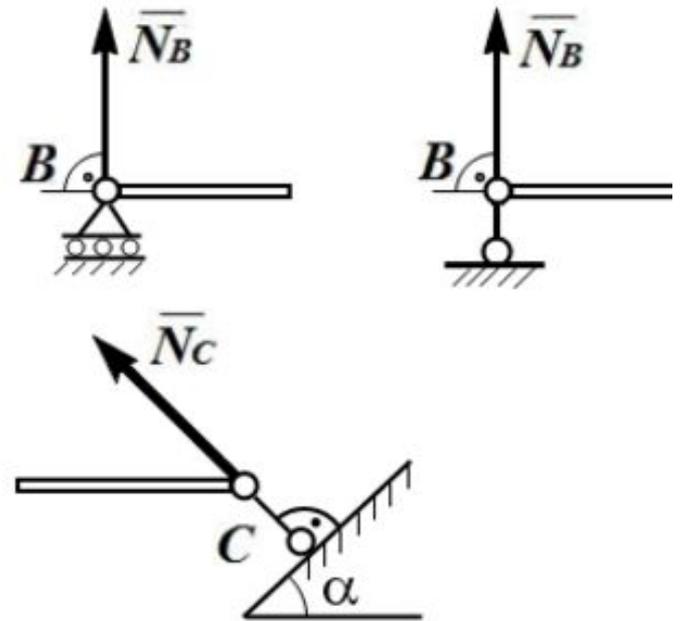
**Подвижные**

**Неподвижные**  
**е**

# Подвижный шарнир

Стержень, закреплённый на шарнире, может поворачиваться вокруг шарнира, а точка крепления может поворачиваться вдоль направляющей

Реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности



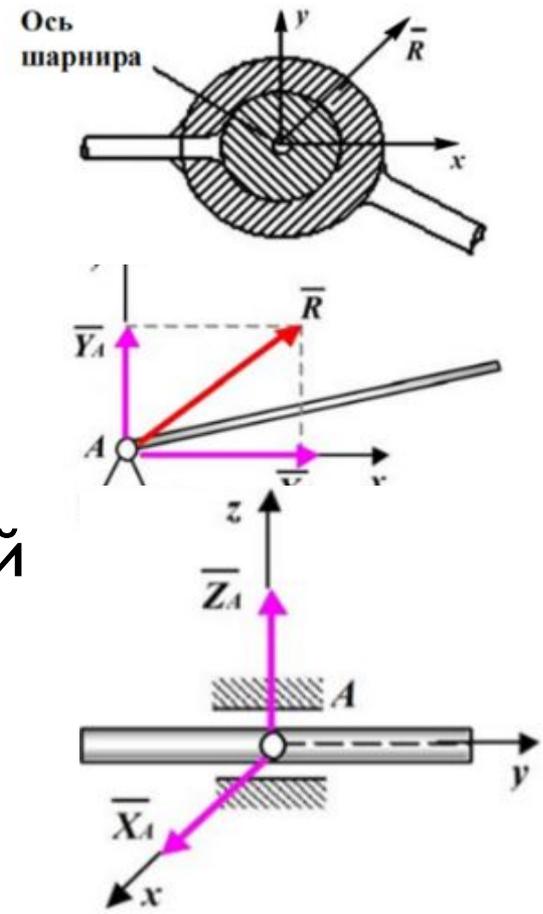
# Неподвижный шарнир

Точка крепления перемещаться не может

Стержень может свободно поворачиваться  
вокруг оси шарнира

Реакция проходит через ось  
шарнира, направление  
неизвестно

Изображают в виде  
горизонтальной и вертикальной  
составляющих



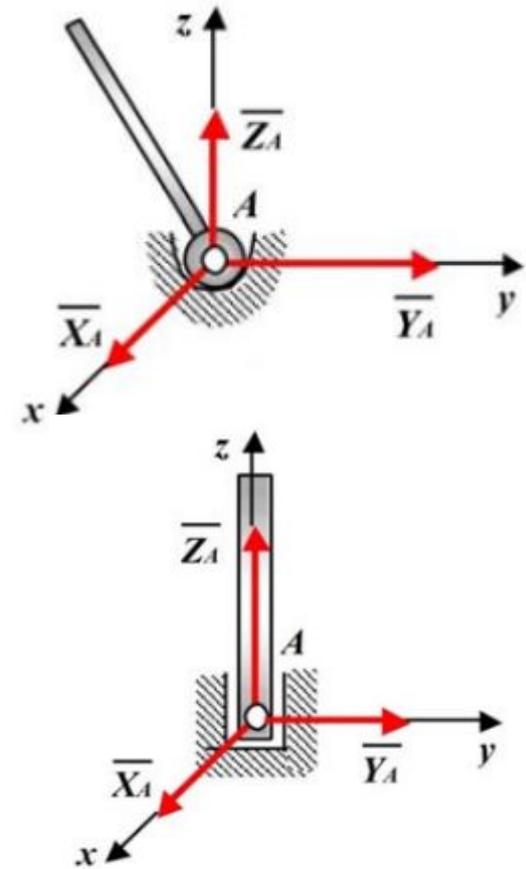
# Подпятник

## Сферический (шаровый) шарнир

Могут как угодно поворачиваться относительно центра шарнира

Реакция может иметь любое направление

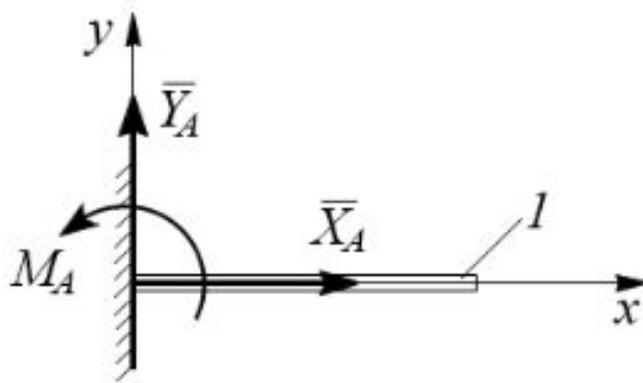
Раскладывается на три составляющих



# Защемление или «заделка»

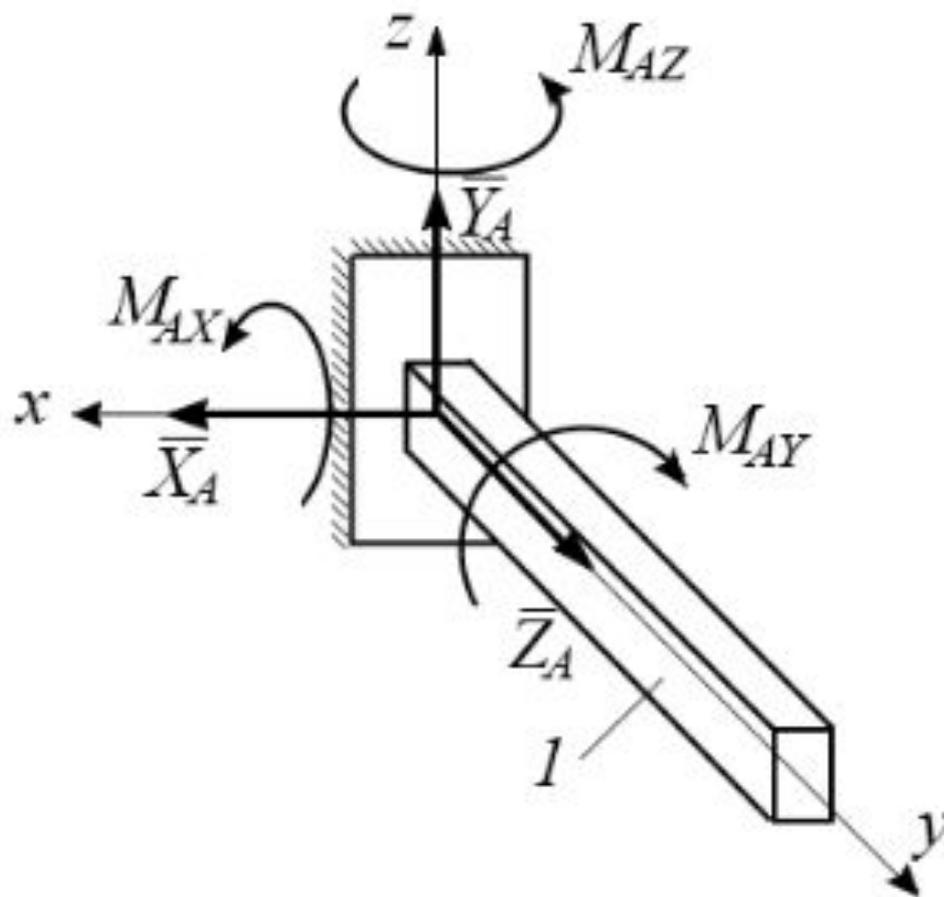
Любые перемещения точки крепления невозможны

Под действием внешних сил в опоре возникают реактивная сила и реактивный момент, препятствующий повороту



Реактивную силу представляют в виде двух составляющих вдоль осей координат

# Защемление



# Брус

Твёрдое тело, у которого длина значительно больше поперечных размеров

- **Ось бруса** – геометрическое место центров тяжести всех поперечных сечений бруса

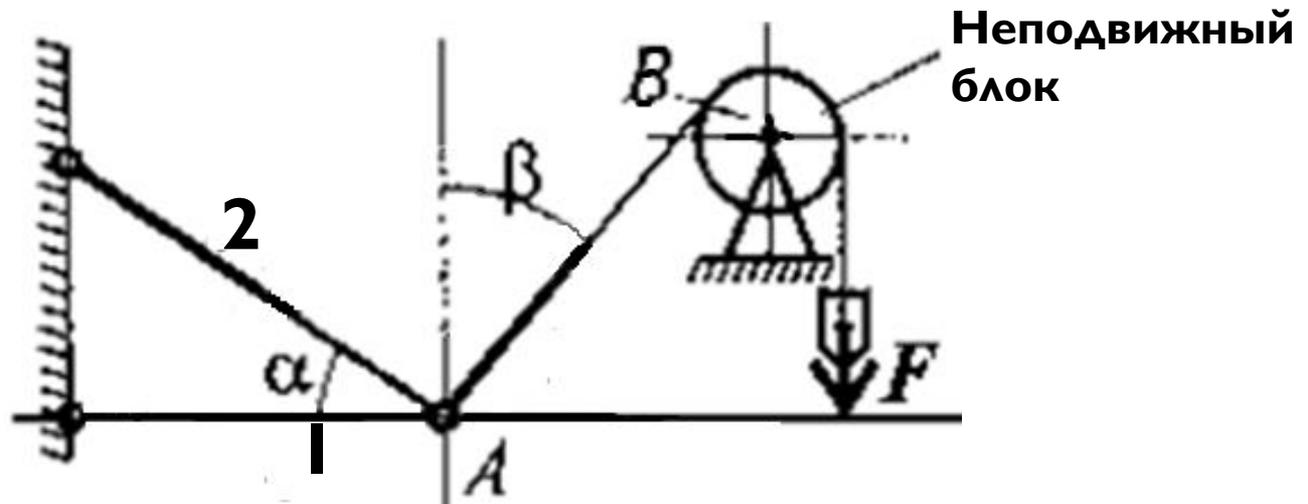
# Балка

Брус с прямолинейной осью,  
положенный на опоры и изгибаемый  
приложенными к нему нагрузками

Высота сечения балки незначительна по  
сравнению с длиной

# Задача

Груз подвешен на стержнях и канатах и находится в равновесии

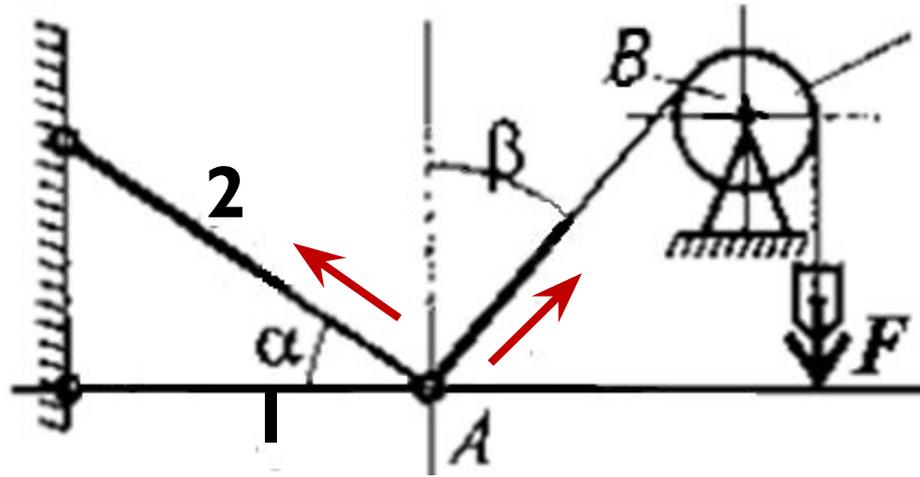


Изобразить систему сил, действующих на шарнир A

# Решение

- Реакции стержней – вдоль стержней, реакции гибких связей – вдоль нитей в сторону натяжения
- Мысленно убираем последовательно стержни 1 и 2.
- Анализируем возможные перемещения **A**

Неподвижный блок не рассматриваем



Убираем стержень 1

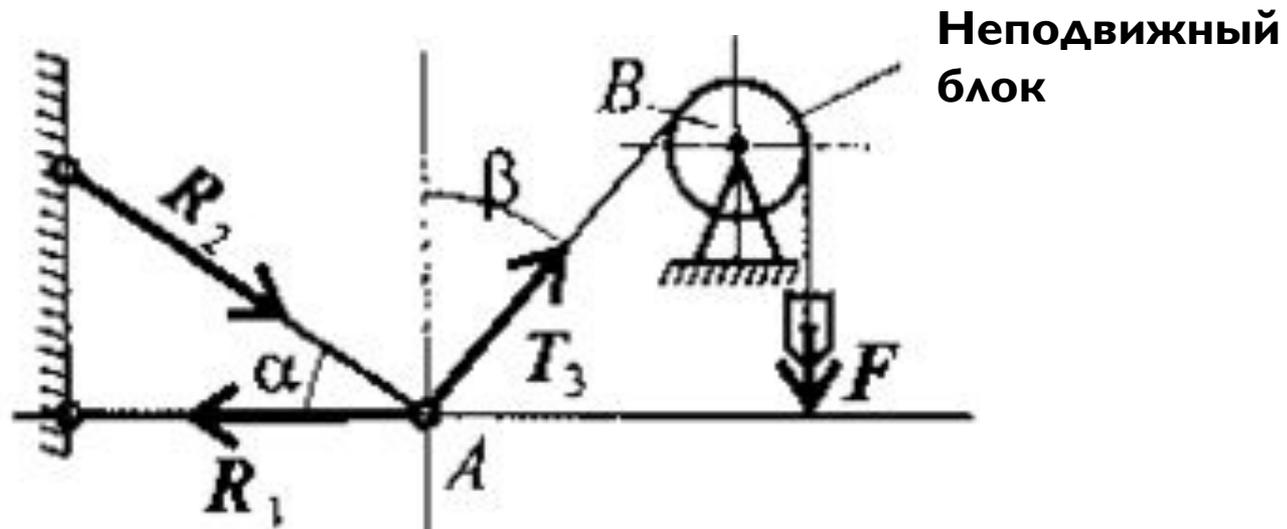
Точка **A** поднимается и отходит от стены

⇒ Реакция стержня направлена к стене

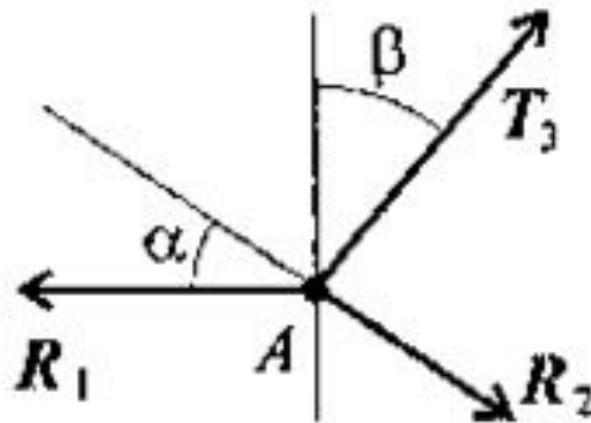
Убираем стержень 2

Точка **A** поднимается и приближается к стене

⇒ Реакция стержня – от стены вниз

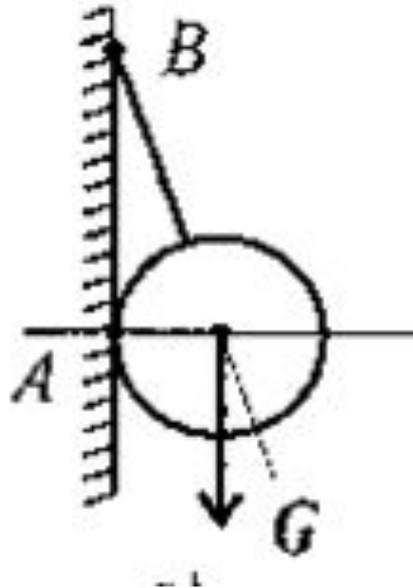


Канат тянет вправо  
Освобождаемся от связей



# Задача

Шар подвешен на нити и опирается на стену



Определить реакции нити и гладкой опоры (стены)

# Решение

- Реакция нити – вдоль нити к точке В вверх
- Реакция гладкой опоры (стенки) – по нормали от поверхности опоры

