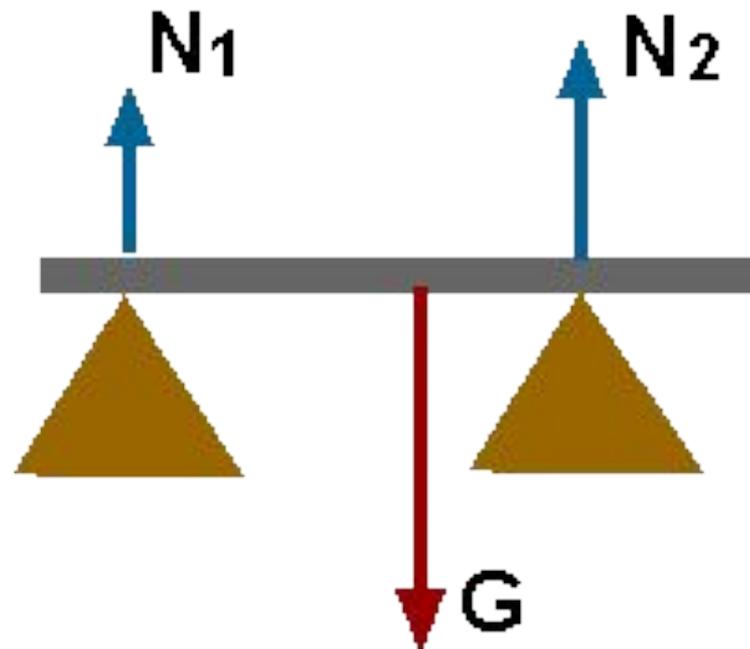


Статика. Основные понятия и аксиомы

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

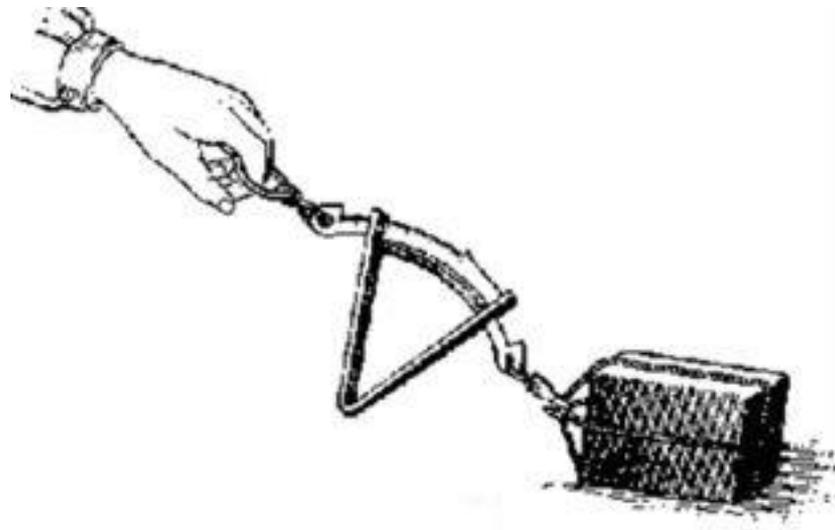
1 Ньютон – сила, сообщающая телу массой *1 кг* ускорение *1 м/сек²* в направлении действия силы

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

Динамометр

- от древнегреческого
δύναμις – сила
μέτρεω – измеряю

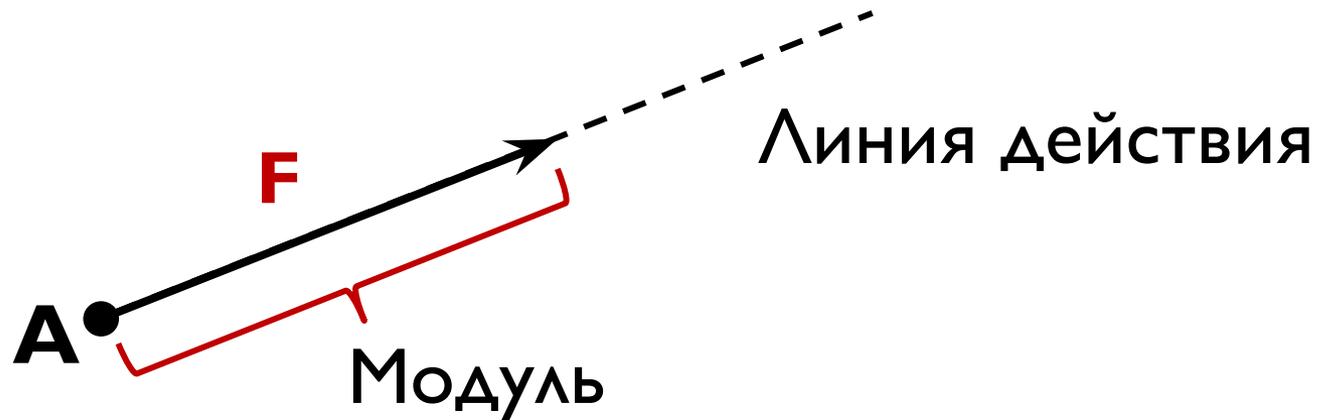
прибор для измерения силы



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

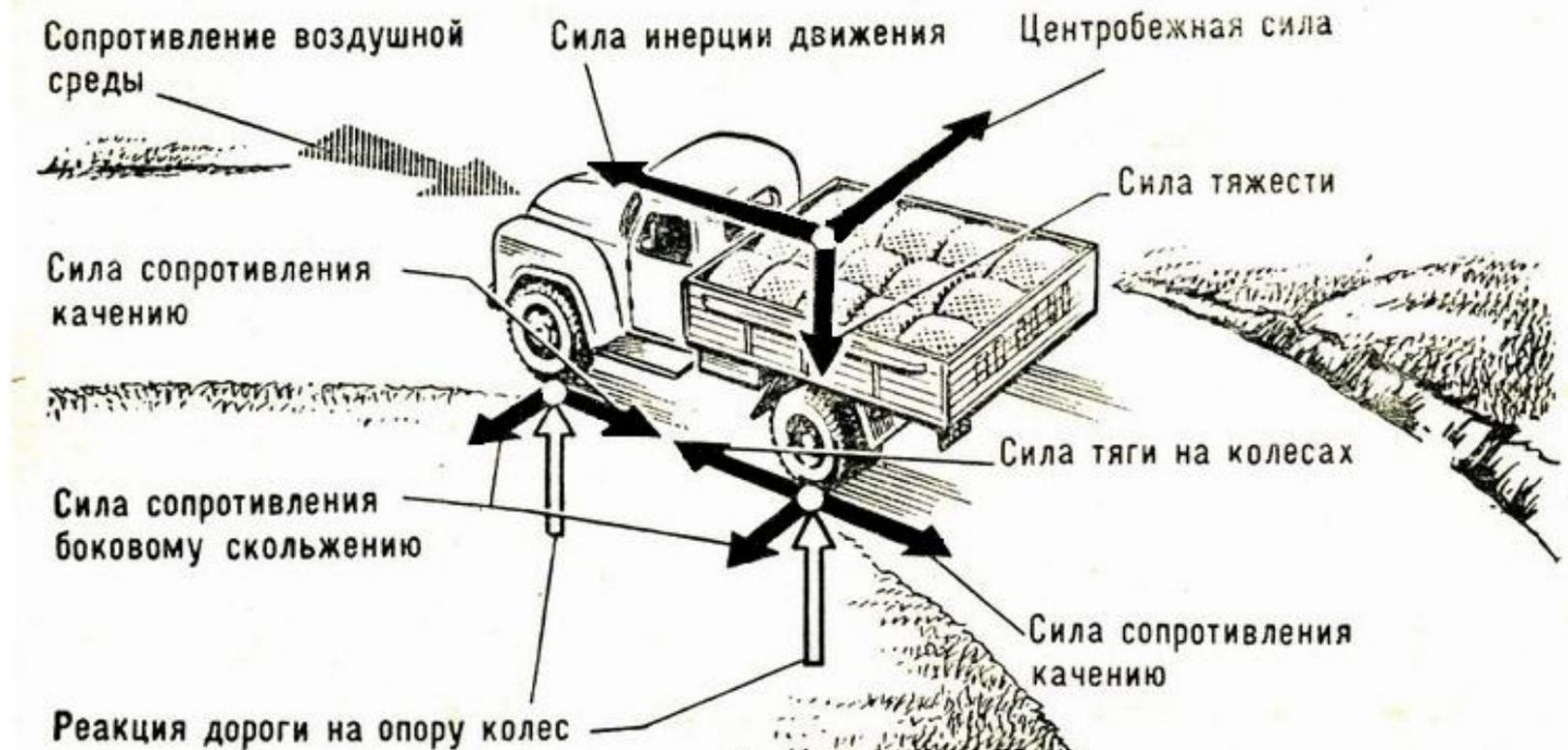
**вызывают
перемещение
или деформацию
тела
нагрузка**

Реактивные

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

Система сил

Совокупность сил, действующих на какое-либо тело



Уравновешенная система сил

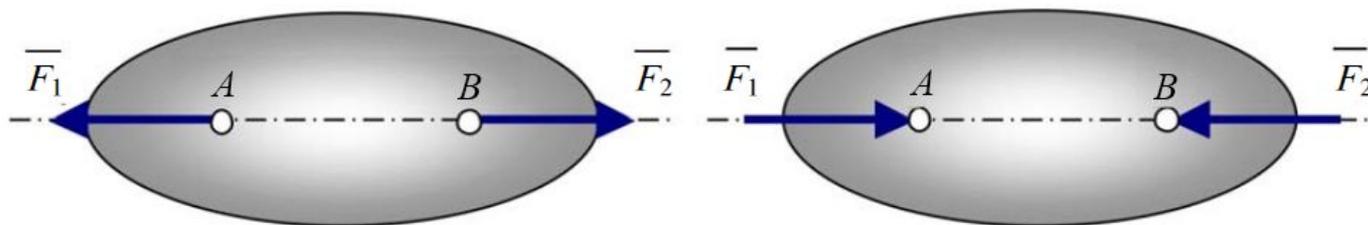
Система, которая, будучи приложенной к телу, не изменяет его состояния

**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

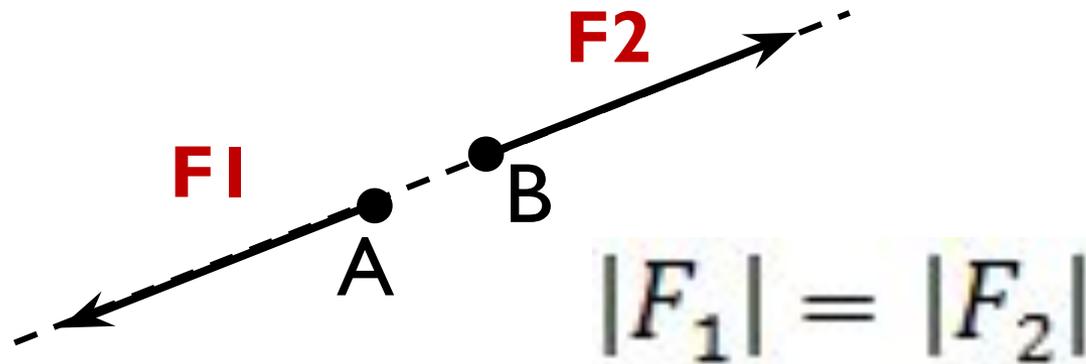
Первая аксиома

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

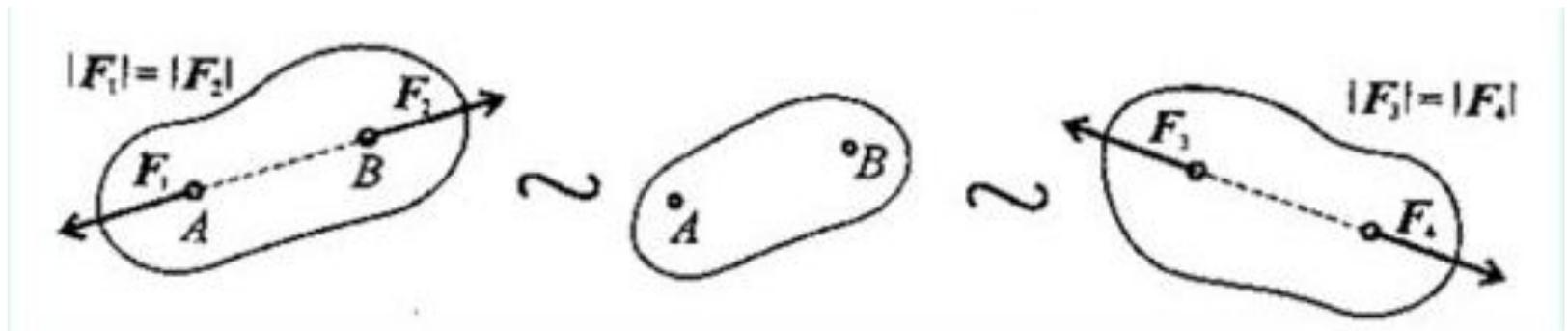
- Две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в разные стороны, уравниваются



Третья аксиома

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

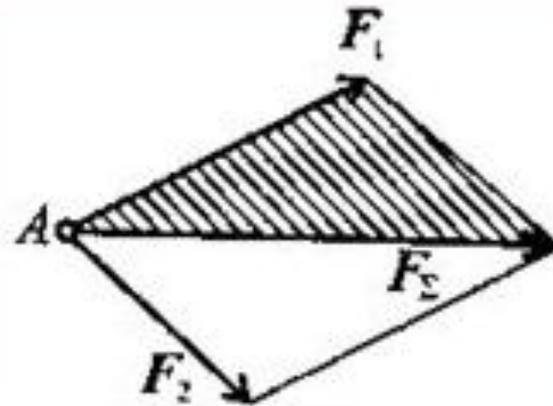
Принцип отбрасывания системы сил, эквивалентной нулю



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

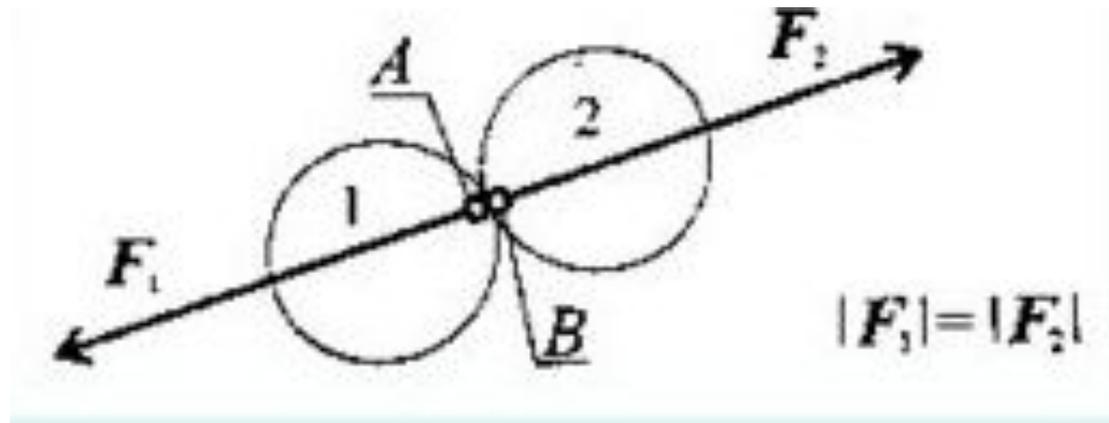


Пятая аксиома

- 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**

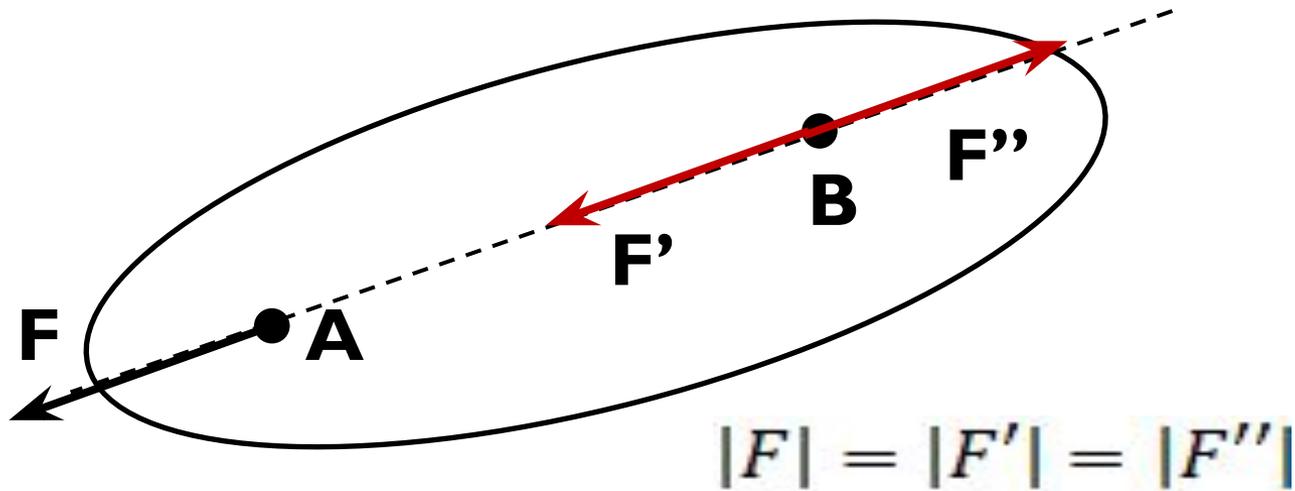
Пятая аксиома

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

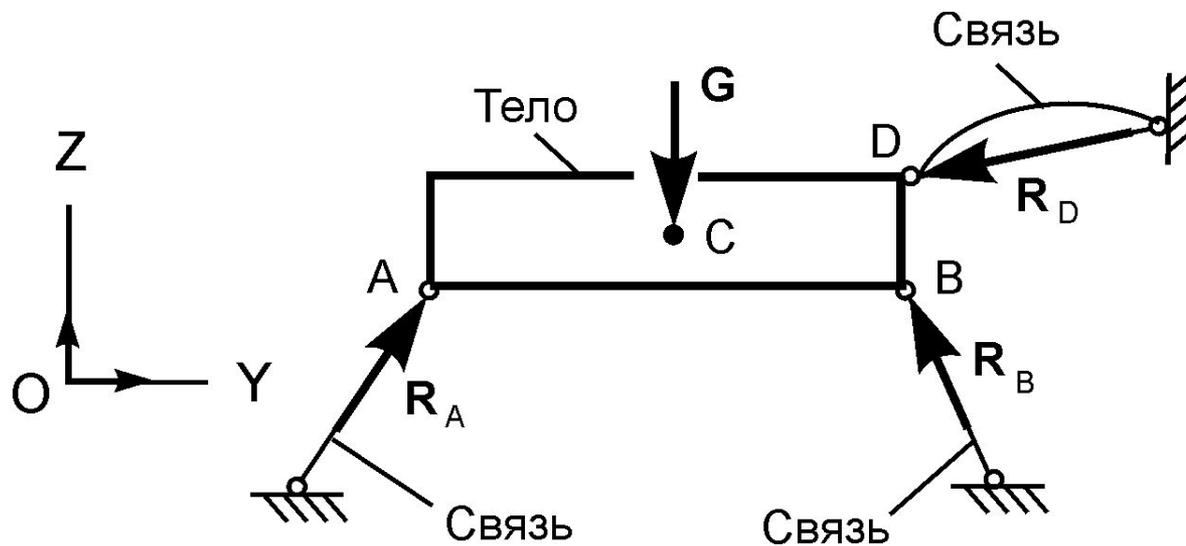
- механическое состояние нетвердого тела не нарушится, если оно станет абсолютно твердым

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

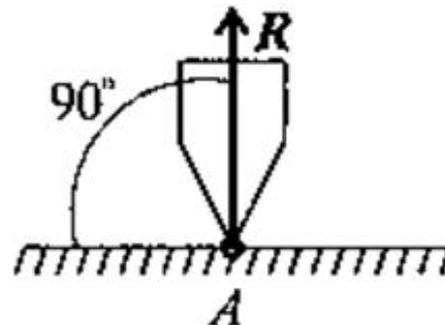
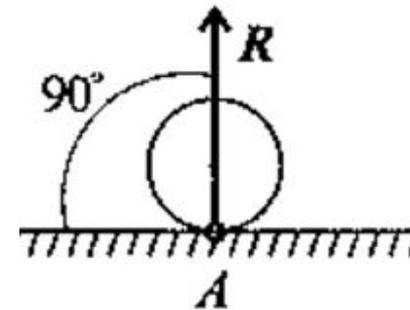
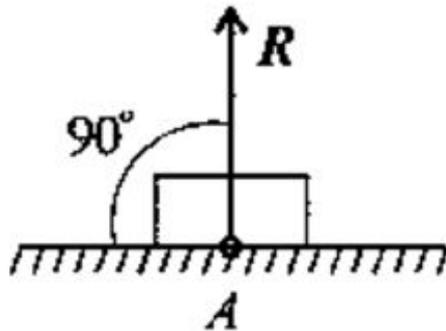
- Сила, действующая от связи и препятствующая перемещению
- Направлена с той стороны, куда нельзя перемещаться

Принцип освобождения от связей

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

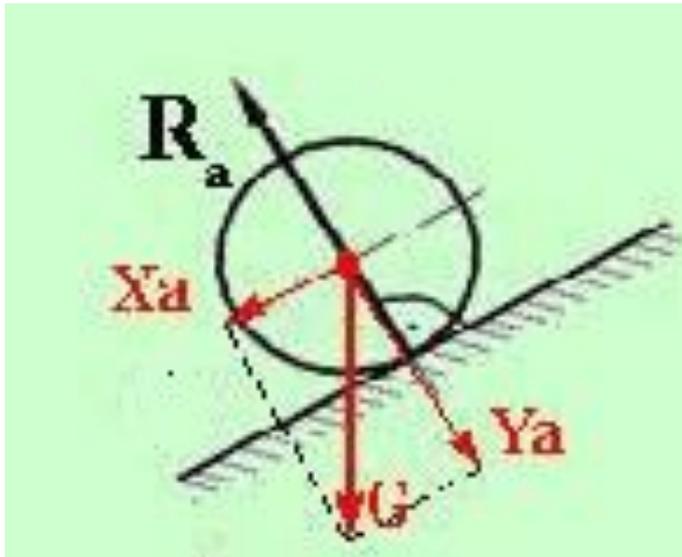
Гладкая опора

- 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

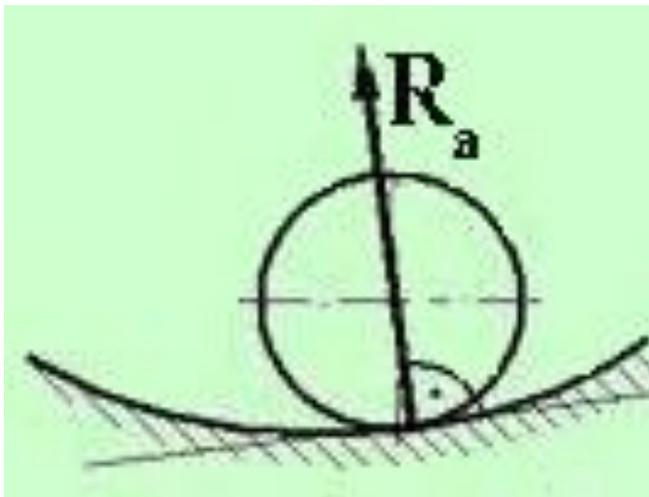


X_a – параллельно плоскости, двигает тело по уклону

Y_a – перпендикулярно плоскости, прижимает тело к ней

Гладкая поверхность

Отличается от плоскости
криволинейностью



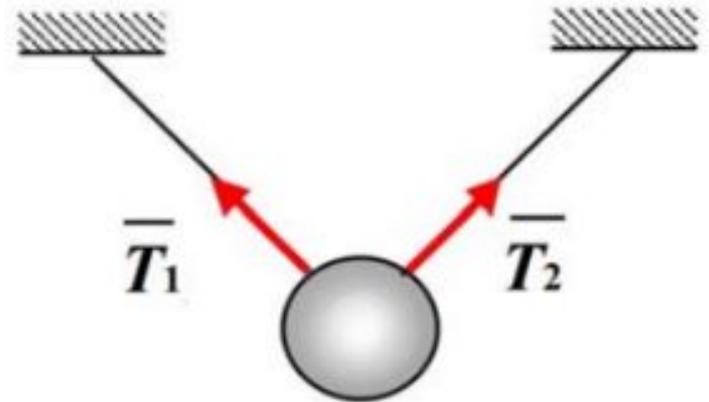
Реагирует
перпендикулярно
касательной
плоскости

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

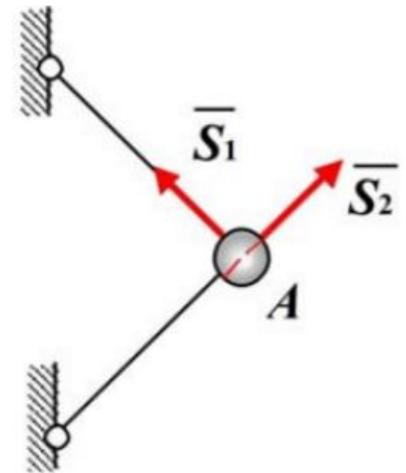


Жёсткий стержень

- 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

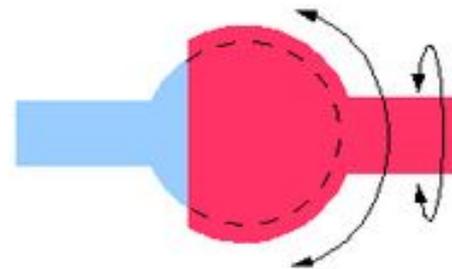


Шарнирная опора

- Допускает поворот вокруг точки закрепления

Шарнир

Подвижное соединение двух частей, обеспечивающее им вращательное движение



Шарниры

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

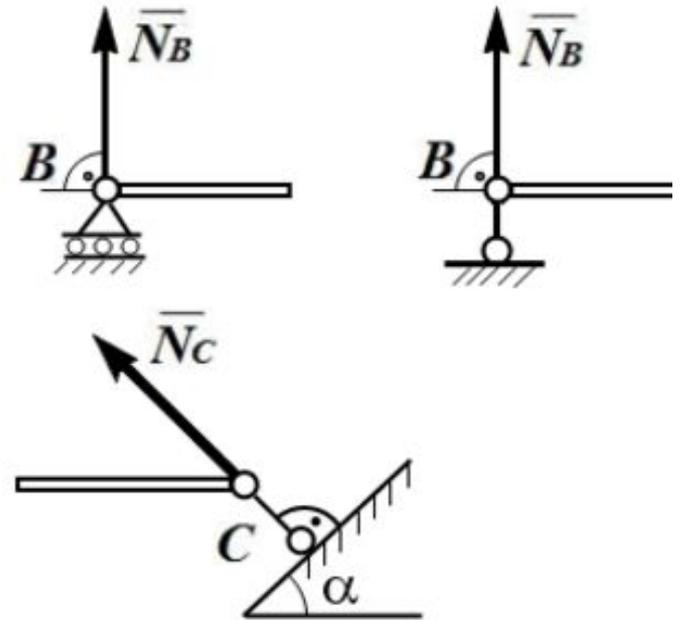
Подвижные

Неподвижные
е

Подвижный шарнир

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

Реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности



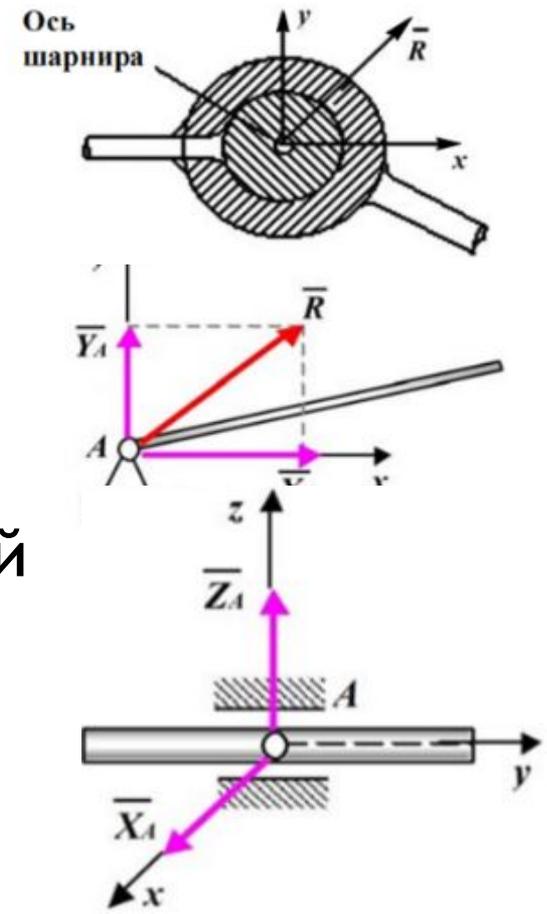
Неподвижный шарнир

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



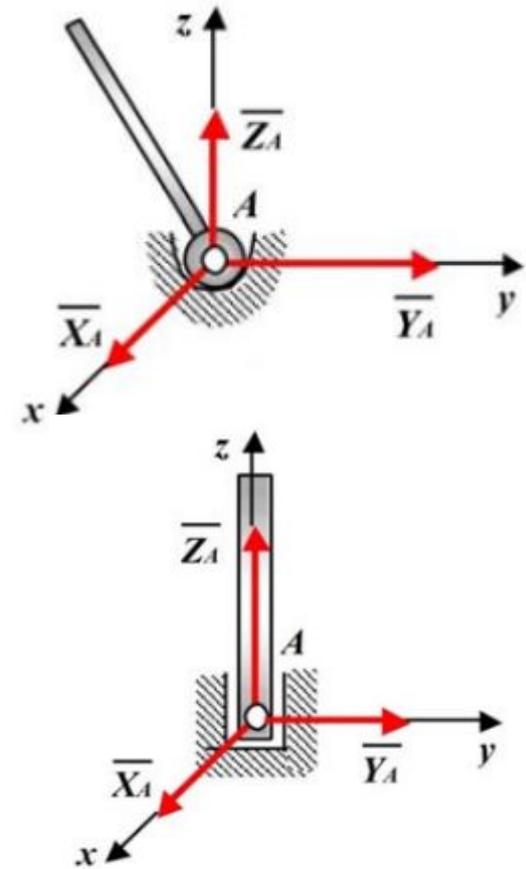
Подпятник

Сферический (шаровый) шарнир

Могут как угодно поворачиваться относительно центра шарнира

Реакция может иметь любое направление

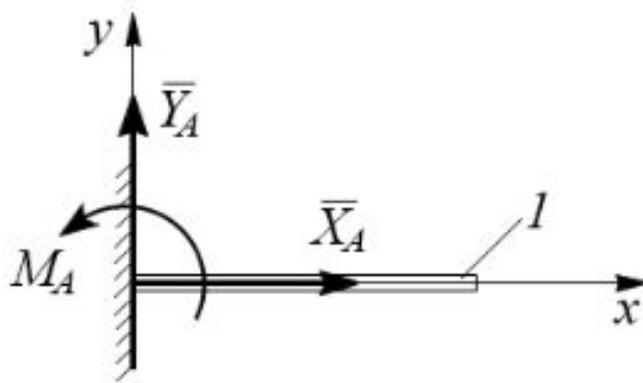
Раскладывается на три составляющих



Защемление или «заделка»

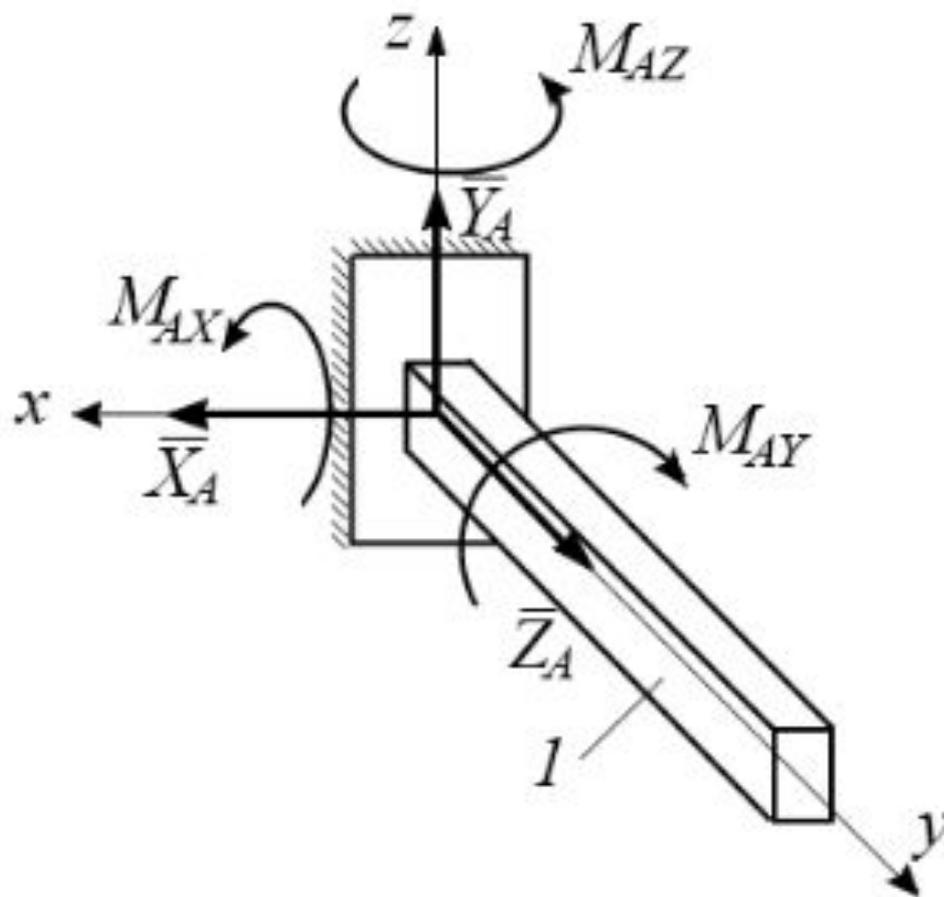
Любые перемещения точки крепления невозможны

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

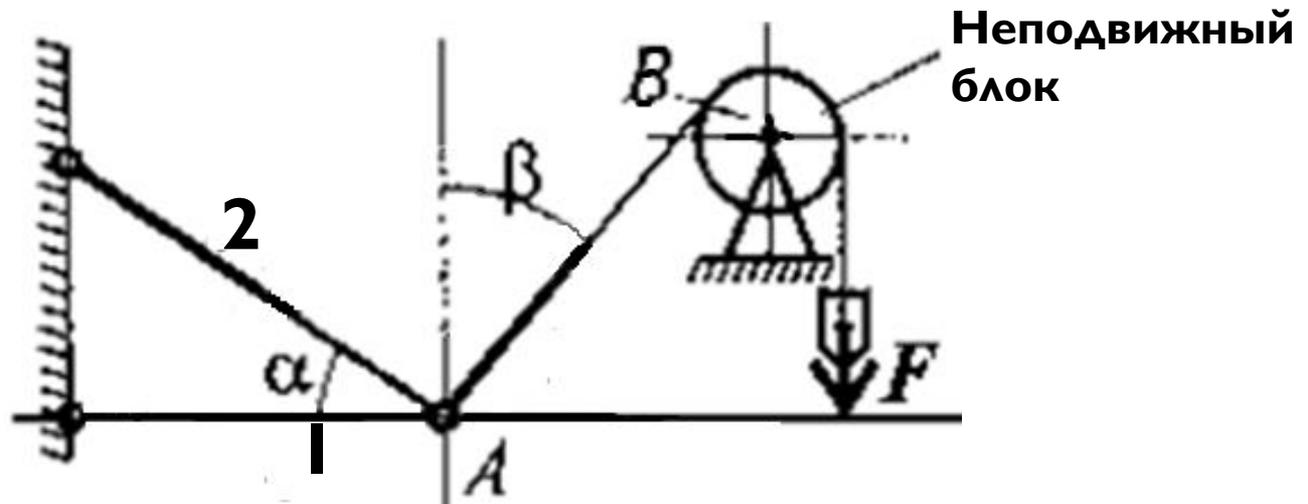
Балка

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

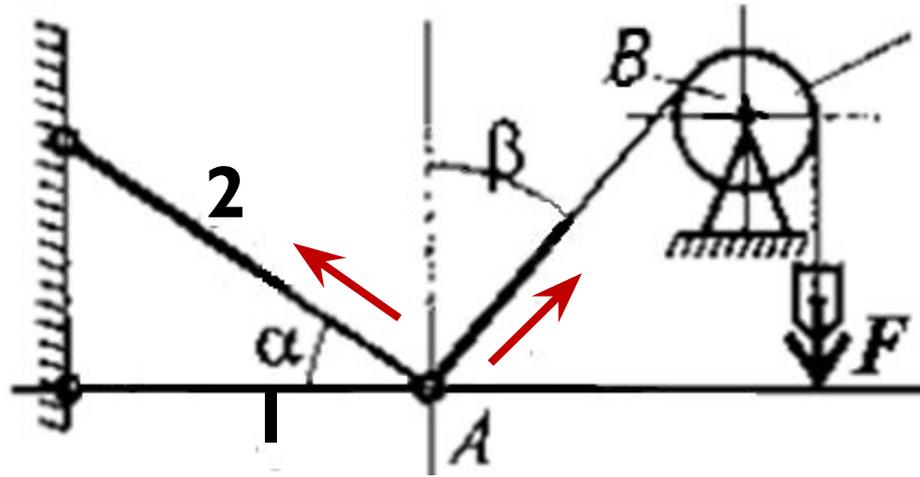


Изобразить систему сил, действующих на шарнир A

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

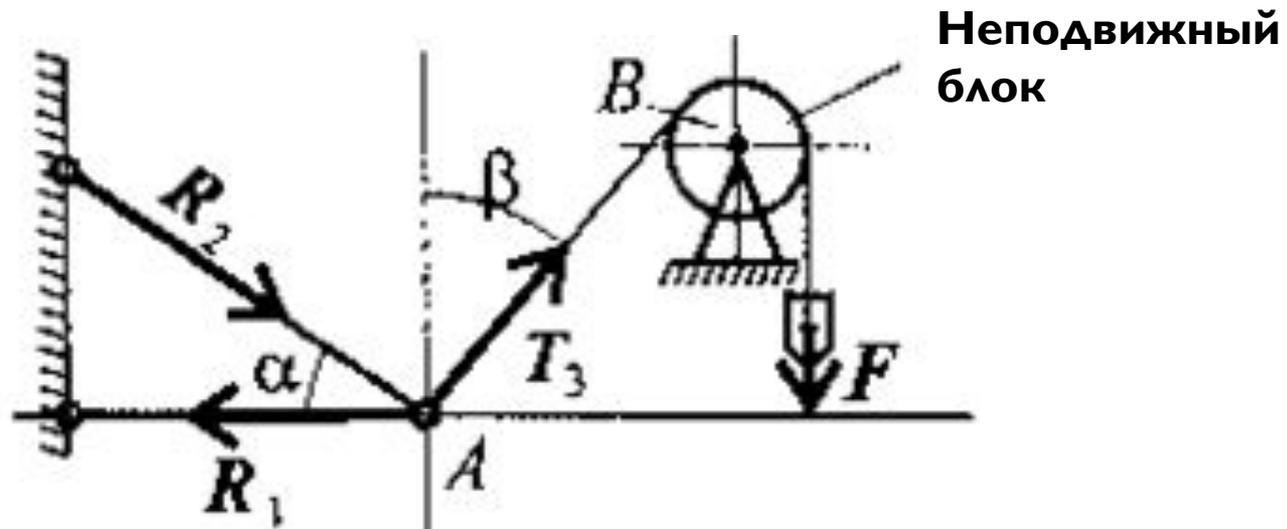
Точка **A** поднимается и отходит от стены

⇒ Реакция стержня направлена к стене

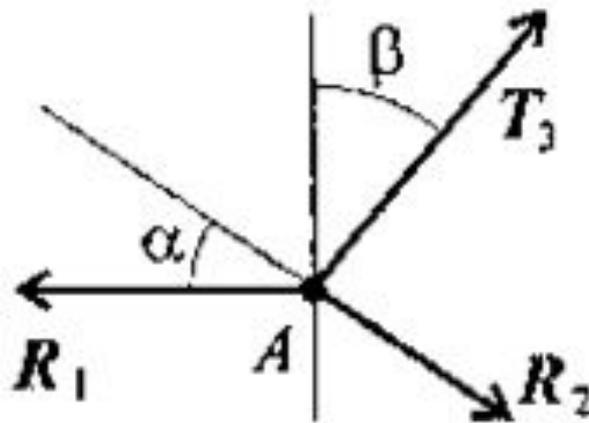
Убираем стержень 2

Точка **A** поднимается и приближается к стене

⇒ Реакция стержня – от стены вниз

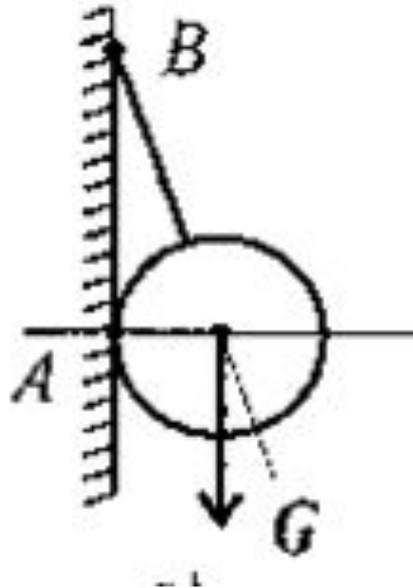


Канат тянет вправо
Освобождаемся от связей



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

