

# **ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

**Механика** – наука о моделировании механического движения.

**Движение** – всякое изменение материи.

**Механическое движение** – перемещение вещественных форм материи в пространстве и времени.

**Материальное тело** – количество материи ограниченное размерами (занимающее объем в пространстве).

**Материальная ПЛОСКОСТЬ, ЛИНИЯ, ТОЧКА** – гипотетические формы, имеющие соответственно **ДВА, ОДНО** и **НОЛЬ** измерений в пространстве.

**Абсолютно твердое тело** – тело, расстояние между любыми точками которого не меняется при любом механическом движении (гипотетическое).

**Механическое взаимодействие (воздействие)** – воздействие механических объектов друг на друга, приводящее к изменению механического движения.

# Основные определения

**Сила** – мера механического воздействия. Для моделирования силы в механике применяется трехмерный вектор.

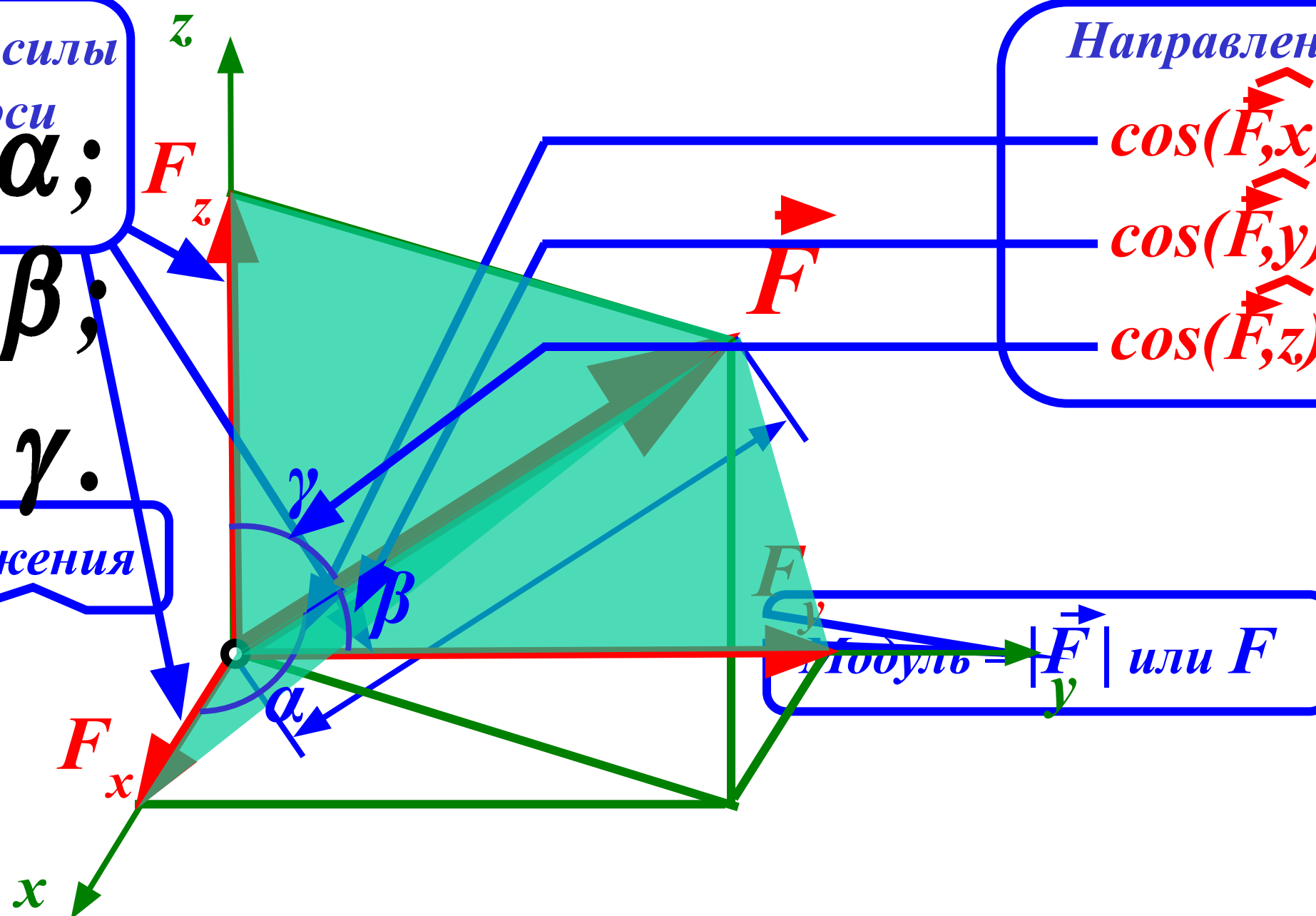
Проекции вектора силы на координатные оси

$$F_x = F \cdot \cos \alpha;$$

$$F_y = F \cdot \cos \beta;$$

$$F_z = F \cdot \cos \gamma.$$

Точка приложения



Направление вектора:

$$\cos(\vec{F}, x) = F_x / F;$$

$$\cos(\vec{F}, y) = F_y / F;$$

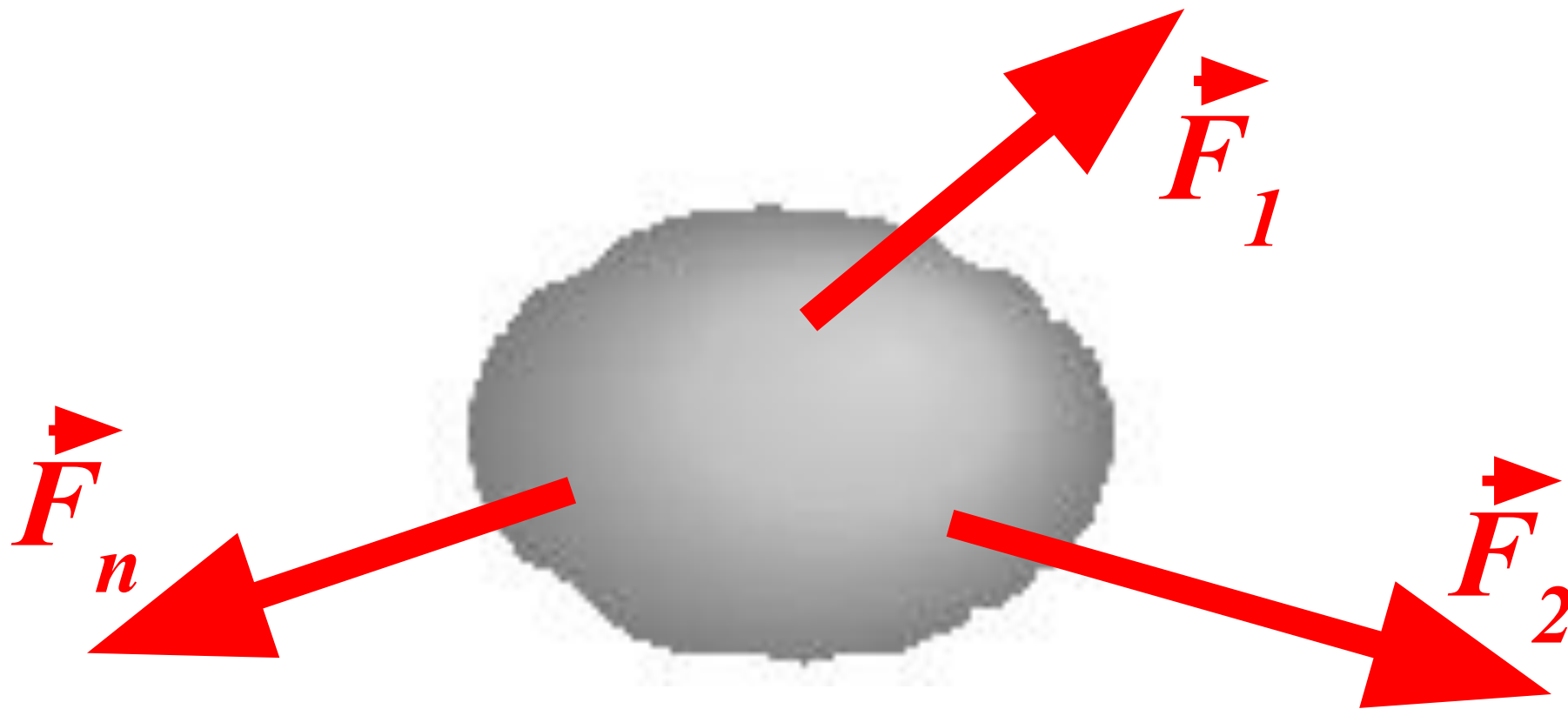
$$\cos(\vec{F}, z) = F_z / F.$$

Модуль -  $|\vec{F}|$  или  $F$

# ***Основные определения***

***Система сил*** – материальный объект (тело, плоскость, линия, точка) с действующими на него силами:

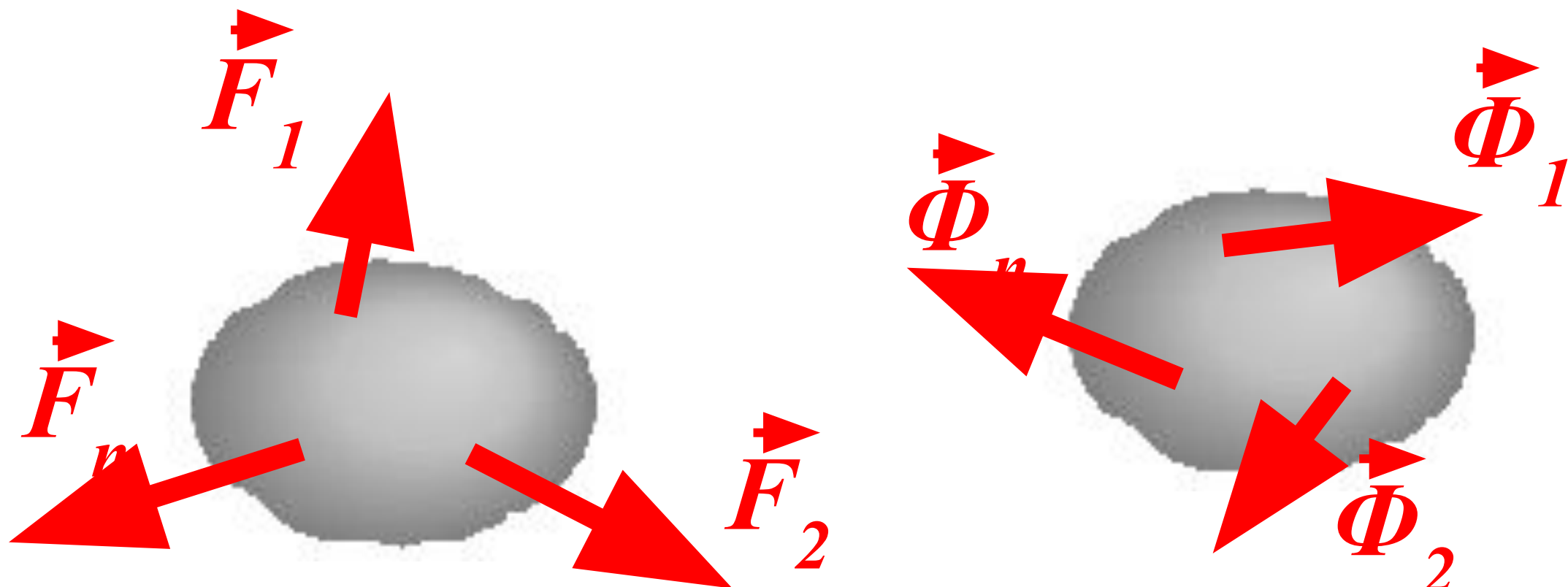
$$\left\{ \vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n \right\}$$



# ***Основные определения***

***Эквивалентные системы сил*** – системы, придающие механическому объекту одинаковое изменение движения:

$$\left\{ \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_1, \dots, \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_n \right\} \in \left\{ \overset{\sphericalangle}{\vec{\Phi}}_1, \dots, \overset{\sphericalangle}{\vec{\Phi}}_m \right\}$$



# **Основные определения**

**Уравновешенная (эквивалентная нулю) система сил** – система сил, которая будучи добавлена или изъята из механической системы, не изменяет ее движения:

$$\left\{ \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_1, \dots, \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_n \right\} \in \mathbf{0}$$

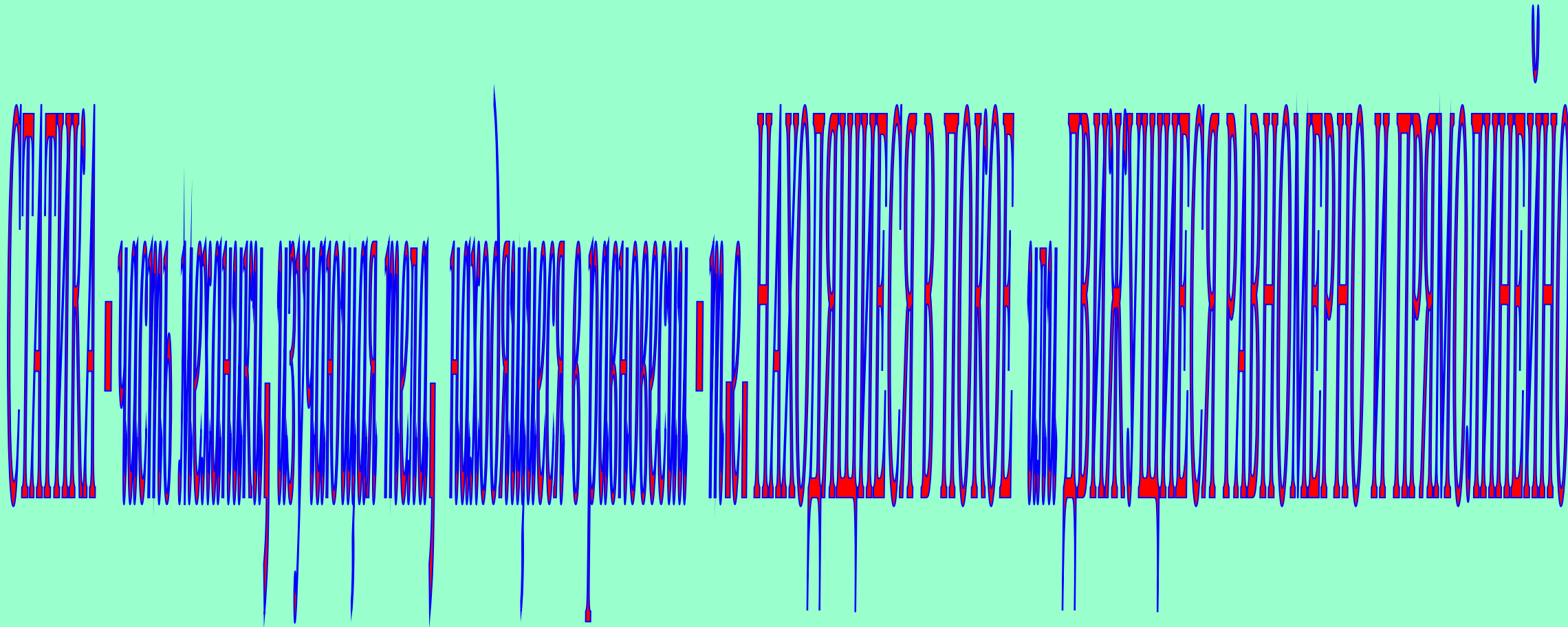
**Равнодействующая системы сил** – одна сила, придающая механической системе такое-же движение, как и система сил (сила, заменяющая систему):

$$\left\{ \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_1, \dots, \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_n \right\} \in \overset{\sphericalangle}{\vec{R}}$$

**Уравновешивающая системы сил** – одна сила, которая, будучи добавлена к системе, делает ее эквивалентной нулю:

$$\left\{ \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_1, \dots, \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_n, \overset{\sphericalangle}{\vec{R}}^* \right\} \in \mathbf{0}$$

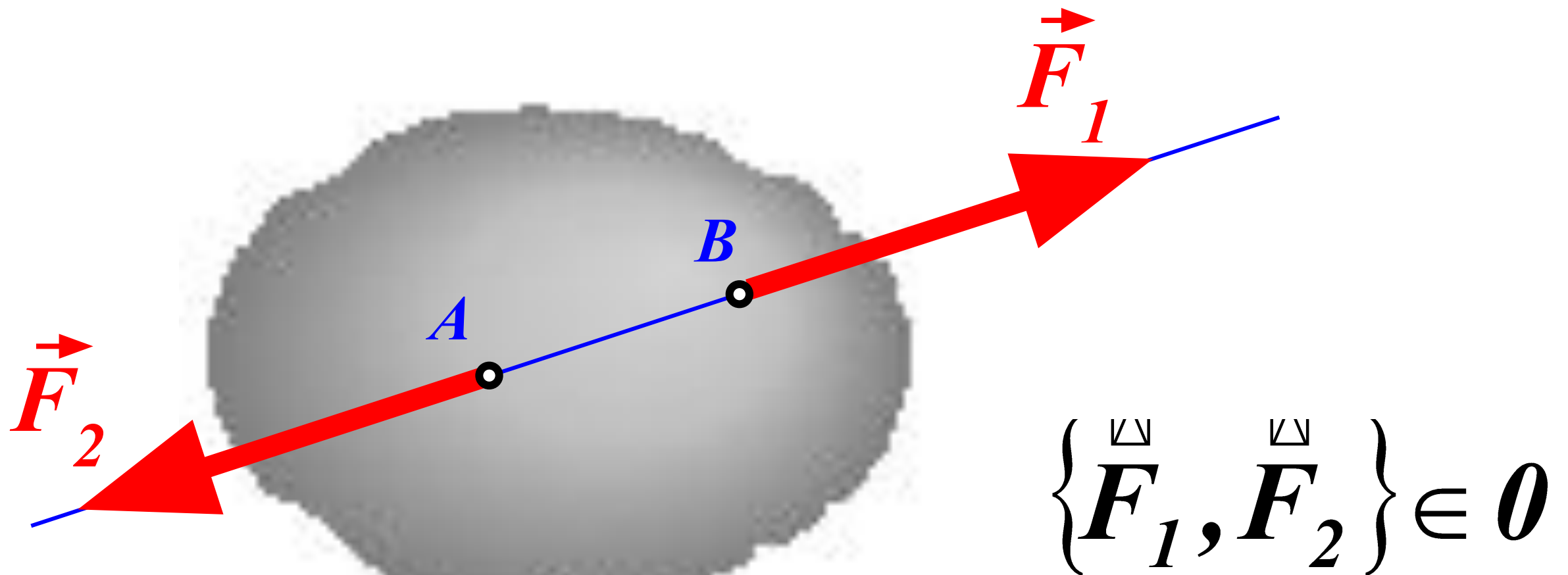
# ***Основные определения***



# АКСИОМЫ СТАТИКИ

## 1. Первая аксиома

Две силы, равные по модулю и действующие по одной прямой в разные стороны, образуют систему, эквивалентную нулю (уравновешенную систему):

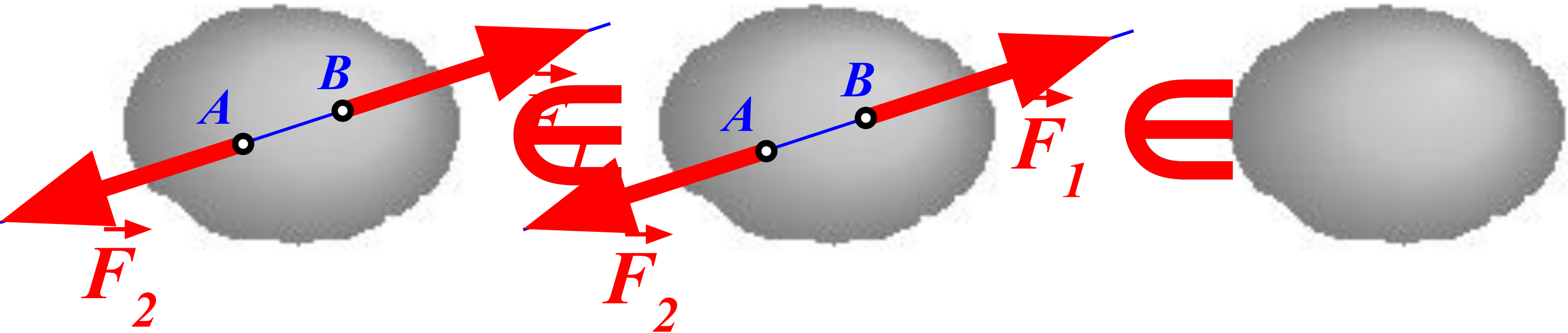


# АКСИОМЫ СТАТИКИ

## 2. Вторая аксиома

Механическое состояние системы не нарушится при добавлении или изъятии системы сил, эквивалентной нулю:

$$\{\overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_1, \overset{\sphericalangle}{\vec{F}}_2\} \in \mathbf{0}$$



### Следствие 1

Сила – скользящий вектор, т.е. может быть перенесена по линии действия в любую точку системы.

Доказательство

### Следствие 2

Только такая система имеет уравновешивающую, которая имеет равнодействующую.

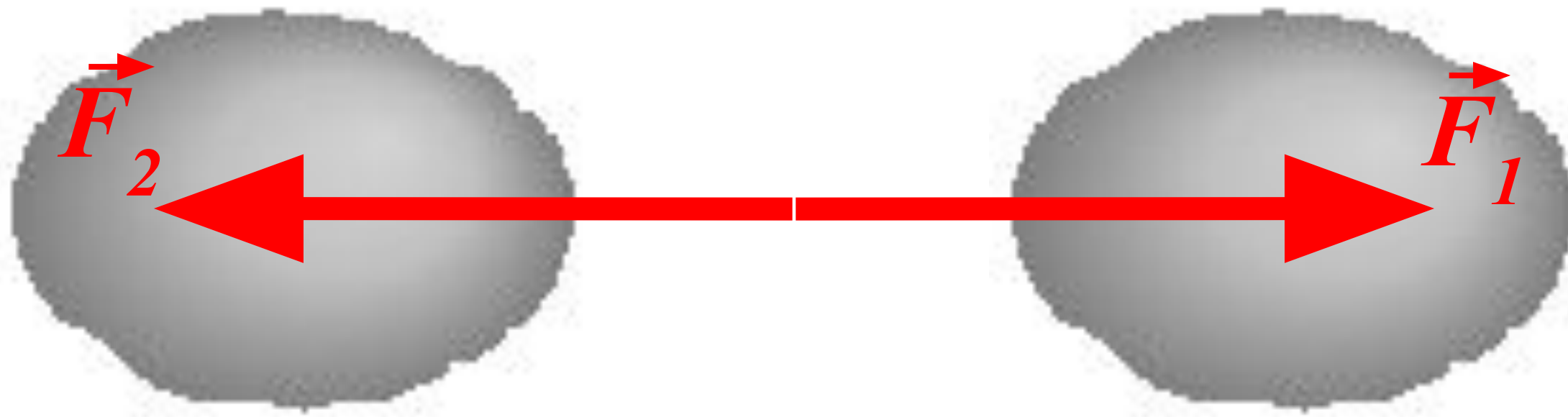
Доказательство



# АКСИОМЫ СТАТИКИ

## 3. Третья аксиома

*Всякое действие вызывает равное ему и противоположное противодействие.*



$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

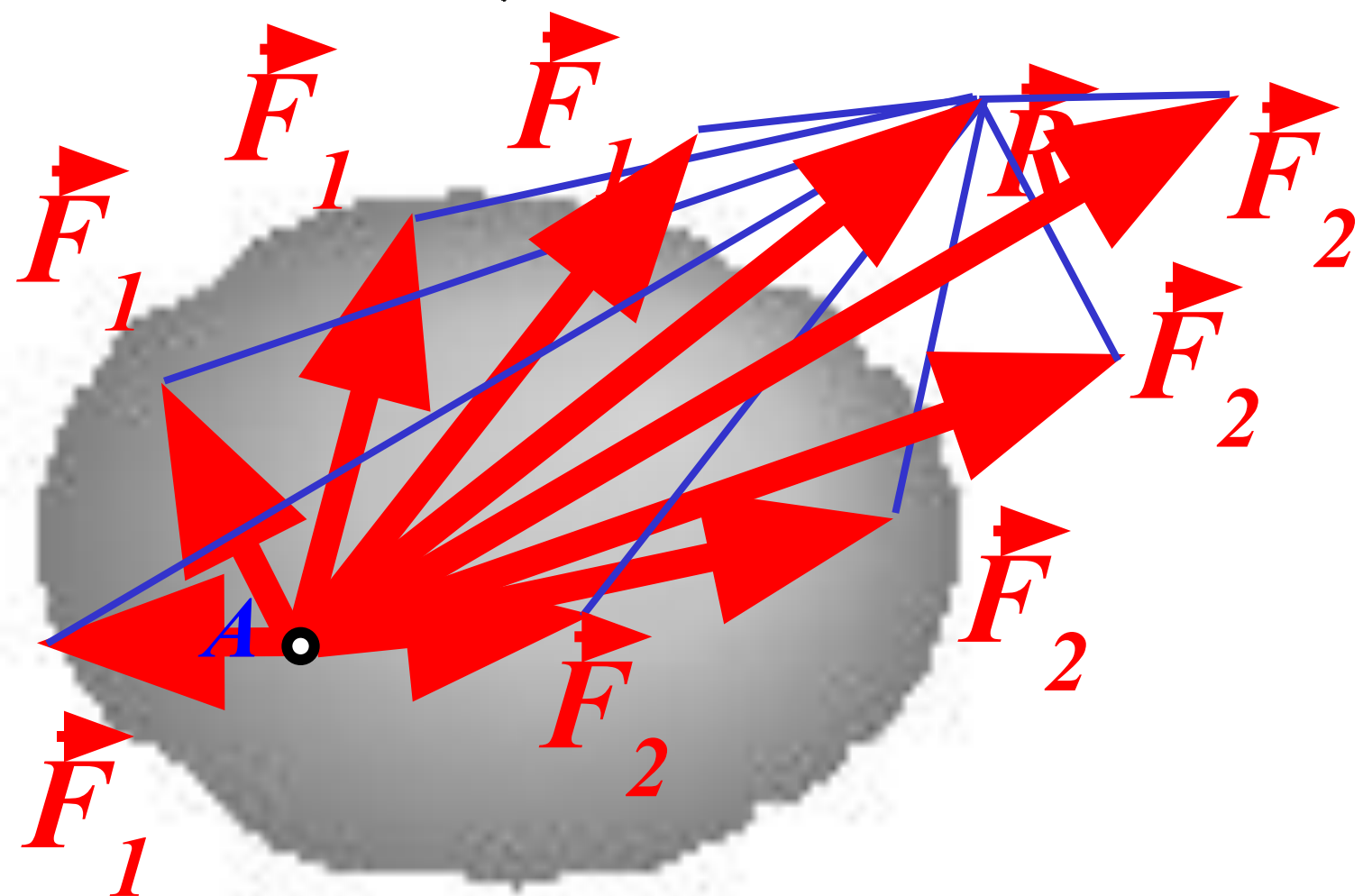
# АКСИОМЫ СТАТИКИ

## 4. Четвертая аксиома

Система из двух сил, приложенных в одной точке всегда имеет равнодействующую.

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

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos(\angle F_1, F_2)}$$



Обратное утверждение:

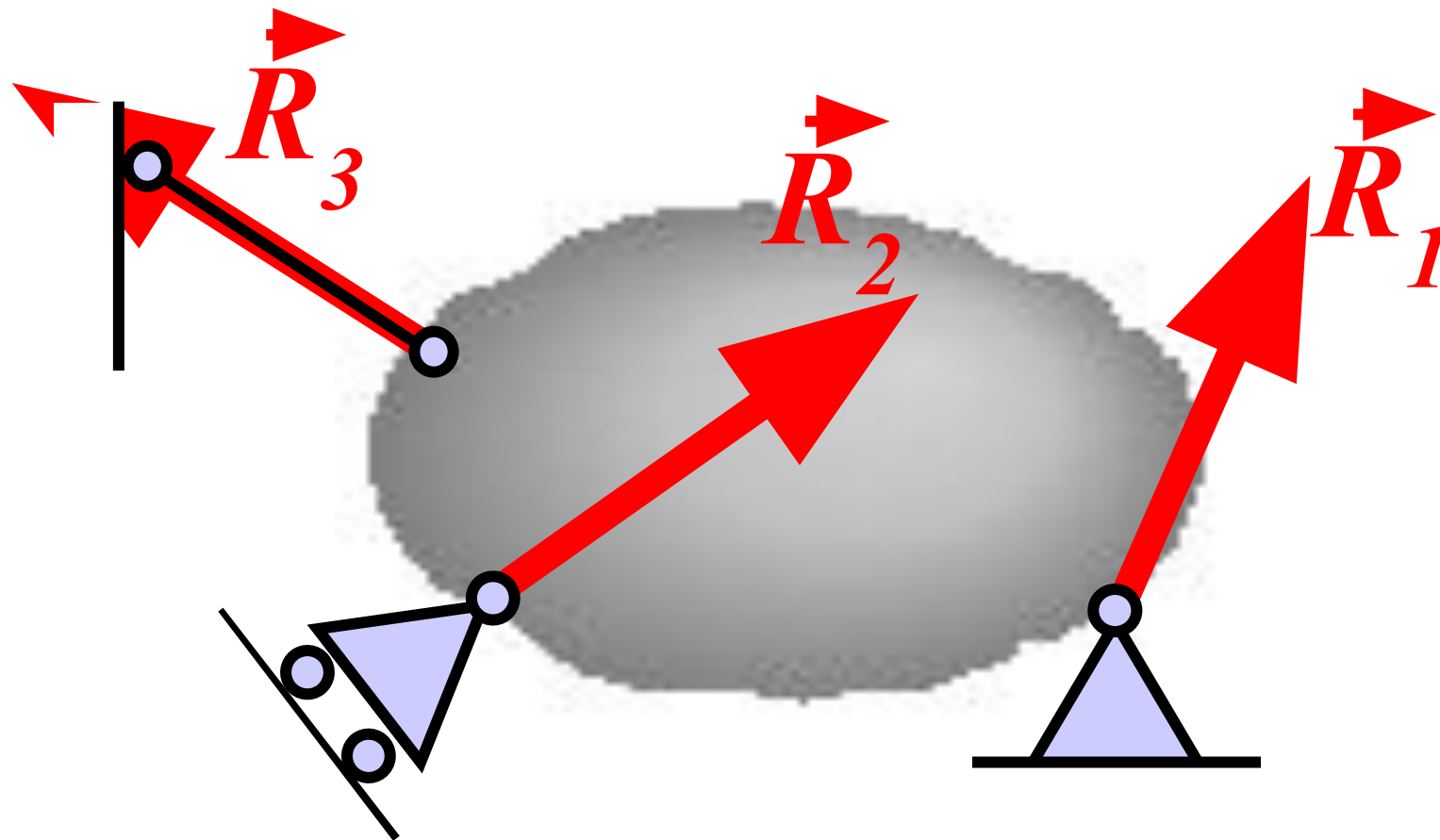
Силу можно разложить на две составляющих бесчисленным числом способов.

# АКСИОМЫ СТАТИКИ

## 5. Пятая аксиома

Принцип освобождения от связей: эффект от действия связей такой же, как и от определенных дополнительных сил, приложенных к свободному телу вместо связей.

Другими словами: любую связь тела можно отбросить, заменив ее действие определенным образом направленной силой.



# **АКСИОМЫ СТАТИКИ**

## **6. Шестая аксиома**

**Аксиома отвердевания:** *Равновесие системы не нарушится при наложении дополнительных связей. В частности, если все точки тела скрепить абсолютно жестко.*

**Прием расширения габаритов:** *Все точки равновесной системы можно прикрепить абсолютно жестко к любому окружающему объему, вплоть до бесконечного. Таким образом, габариты системы могут быть расширены вплоть до бесконечных.*

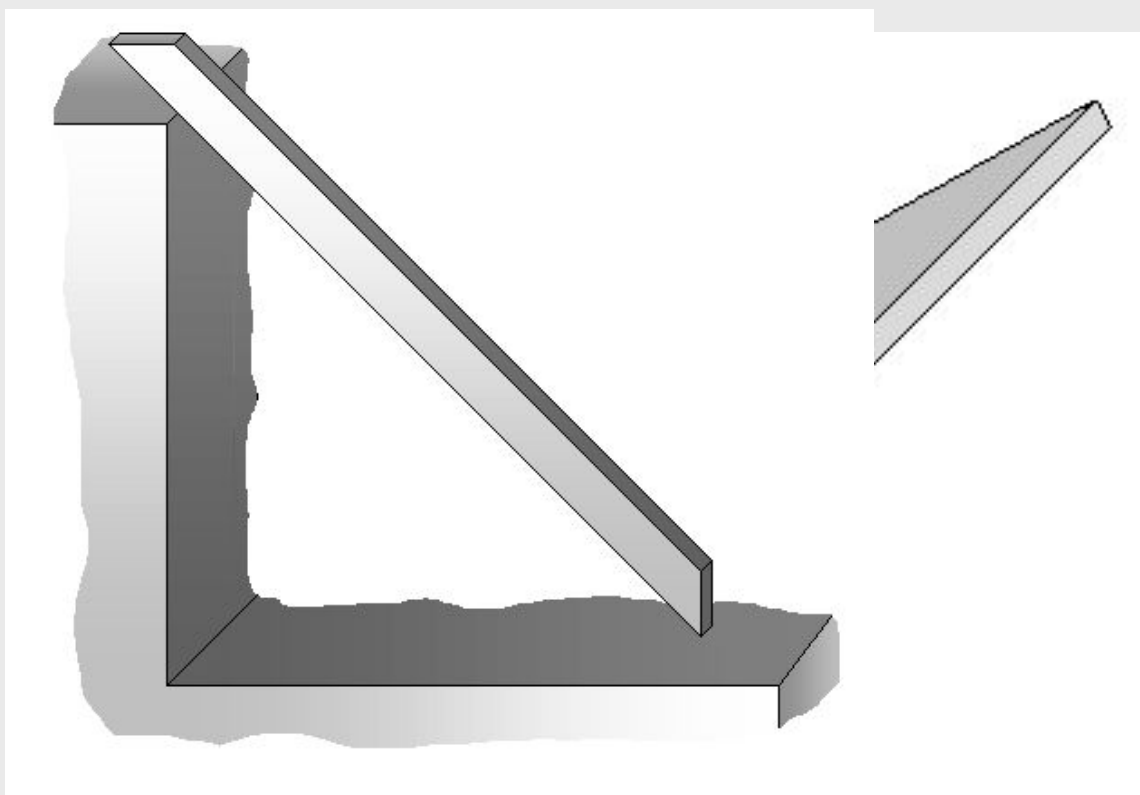
# Связи и их реакции

## 1. Свободное опирание

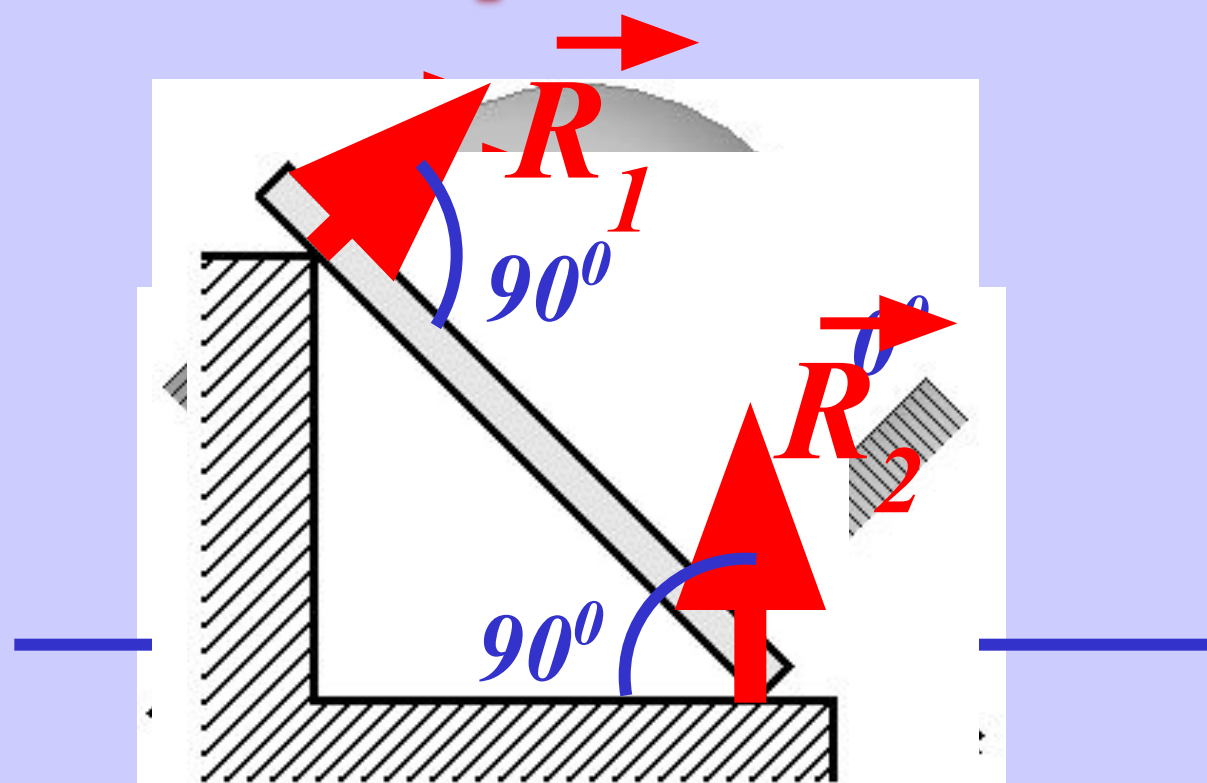
Рассматривается контакт гладких поверхностей, трением между телами можно пренебречь.

Связи **без трения** называются **идеальными**.

### Внешний вид



### Реакции связи



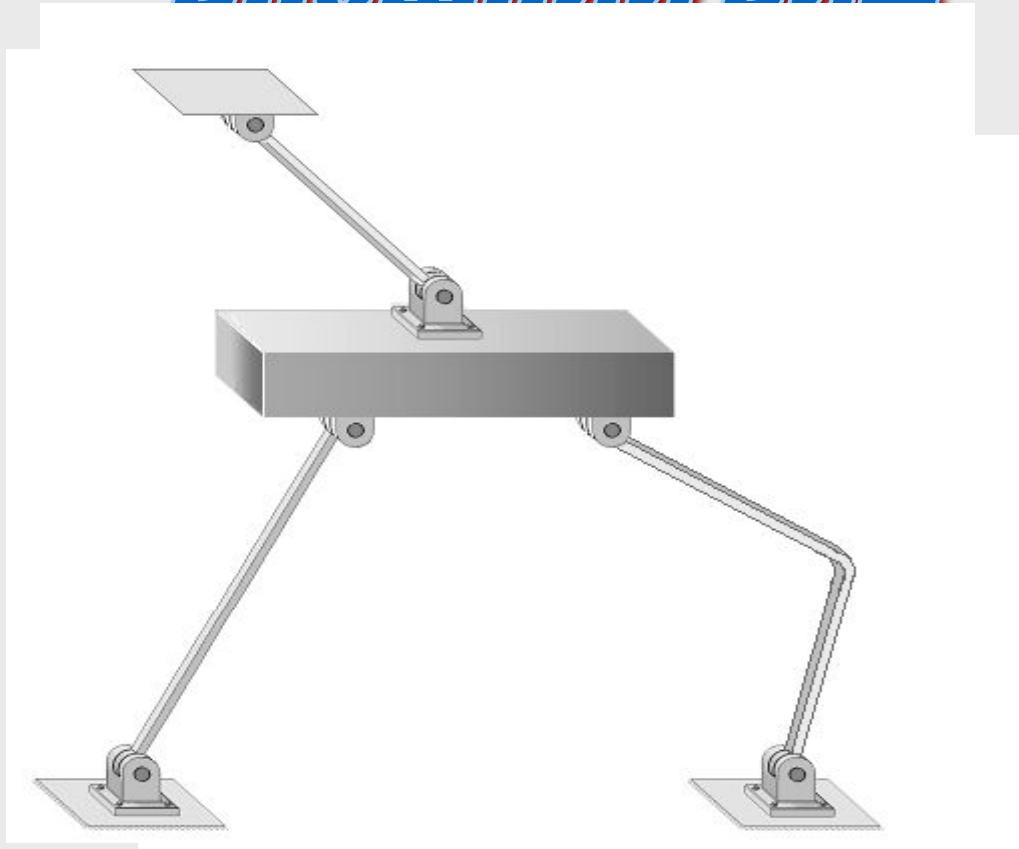
Реакция на гладкой поверхности является перпендикулярной к поверхности в точке касания.

# СВЯЗИ И ИХ РЕАКЦИИ

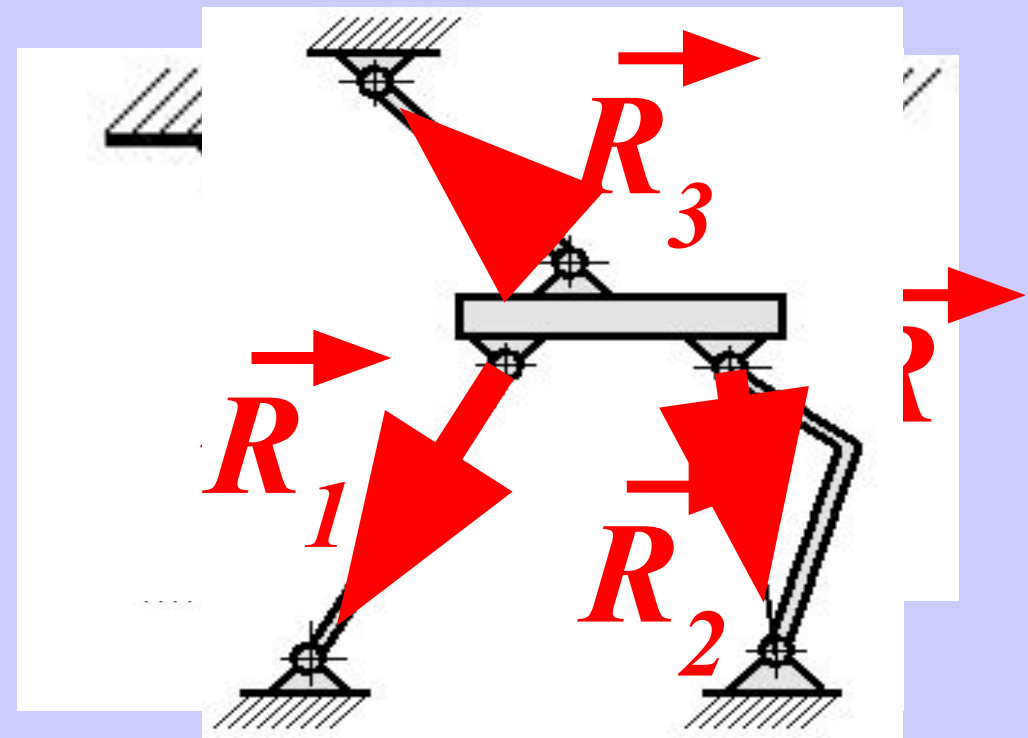
## 2. Тонкие связи

~~Жесткие тонкие связи~~ – абсолютно жесткие невесомые стержни канаты, нити, цепи, тросы и др. различной конфигурации. Трение в идеальных шарнирах относятся к классу так называемых нерастяжимых нитей. отсутствует.

### Внешний вид



### Реакции связи



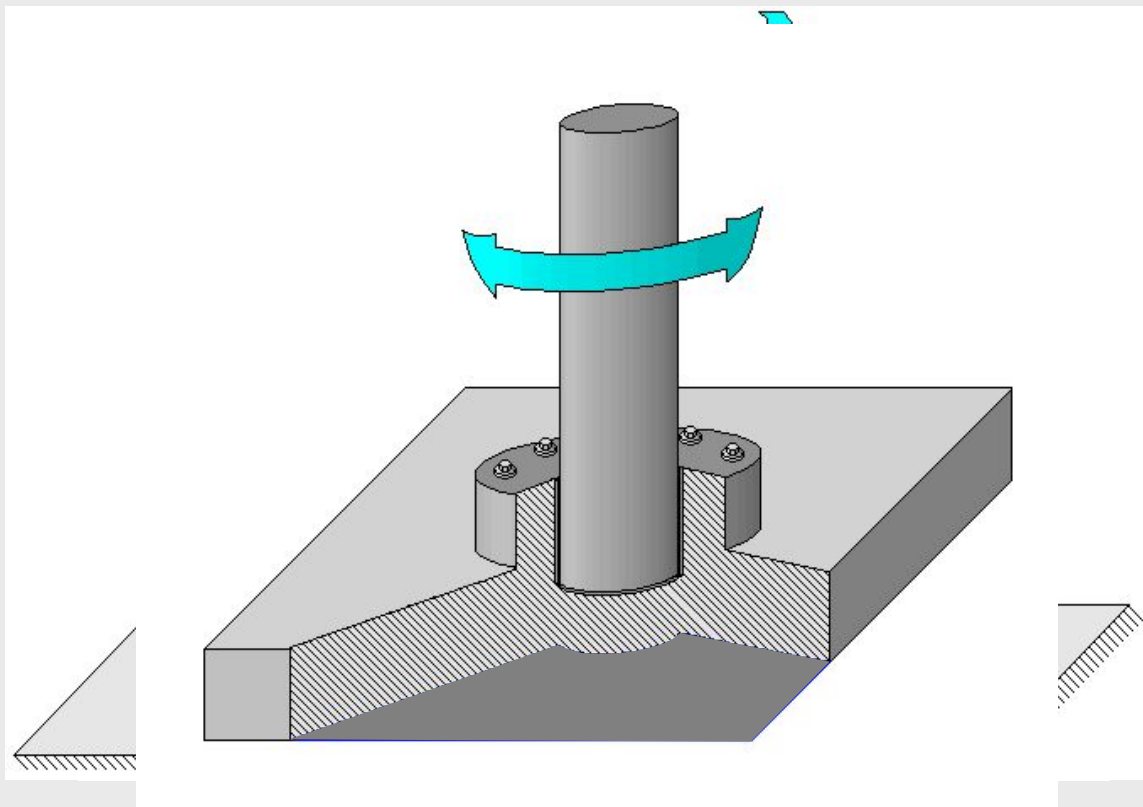
Реакция невесомого и шарнирно закрепленного стержня направлена вдоль самой связи  
Реакция гибкой тонкой связи направлена вдоль линии, соединяющей центры шарниров

# Связи и их реакции

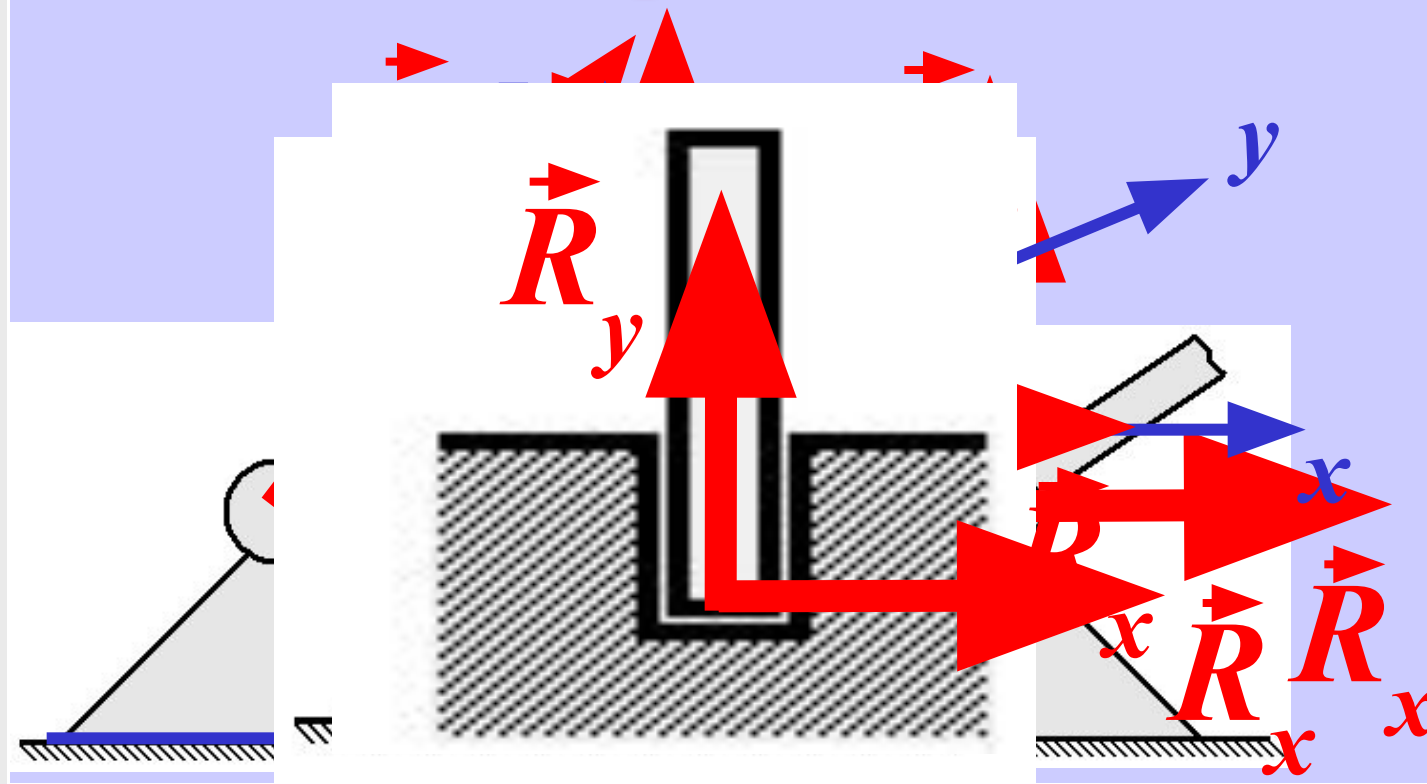
## 3. Шарнирные связи

Полосчатый телочный шарнир. Тело имеет возможность свободно вращаться в плоскости, перпендикулярной оси шарнира и перемещаться вместе шарниром по плоскости опирания.

### Внешний вид



### Реакции связи



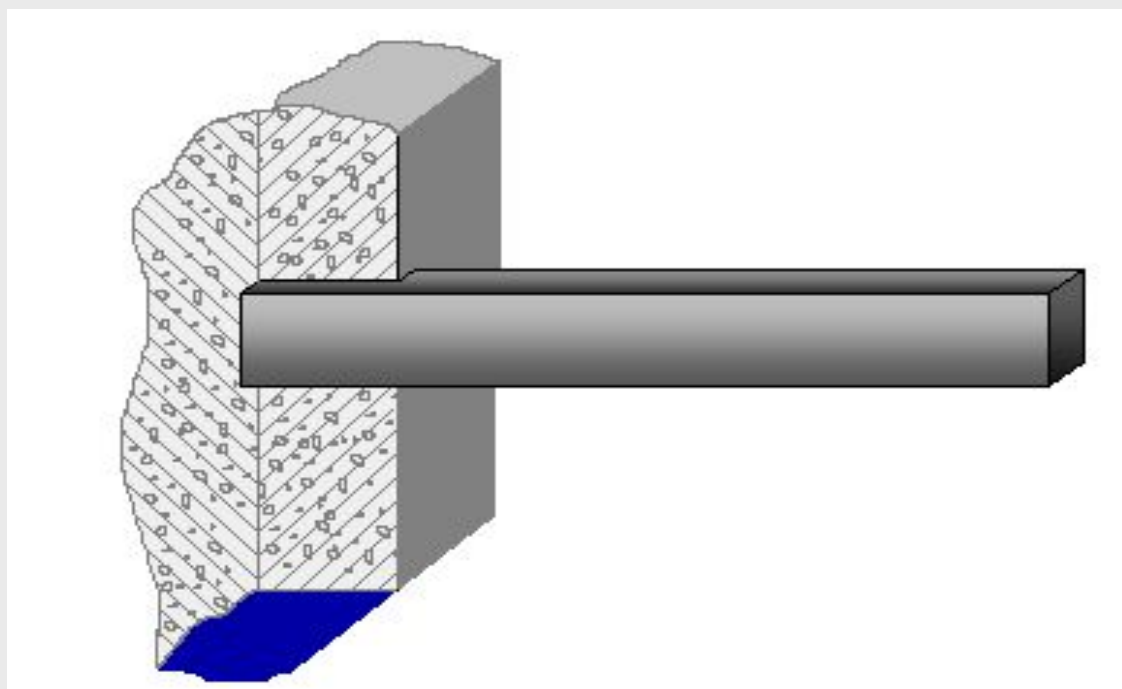
Реакция шарнира представляет собой две взаимно перпендикулярные составляющие, зависящие от других сил, действующих на систему.

# СВЯЗИ И ИХ РЕАКЦИИ

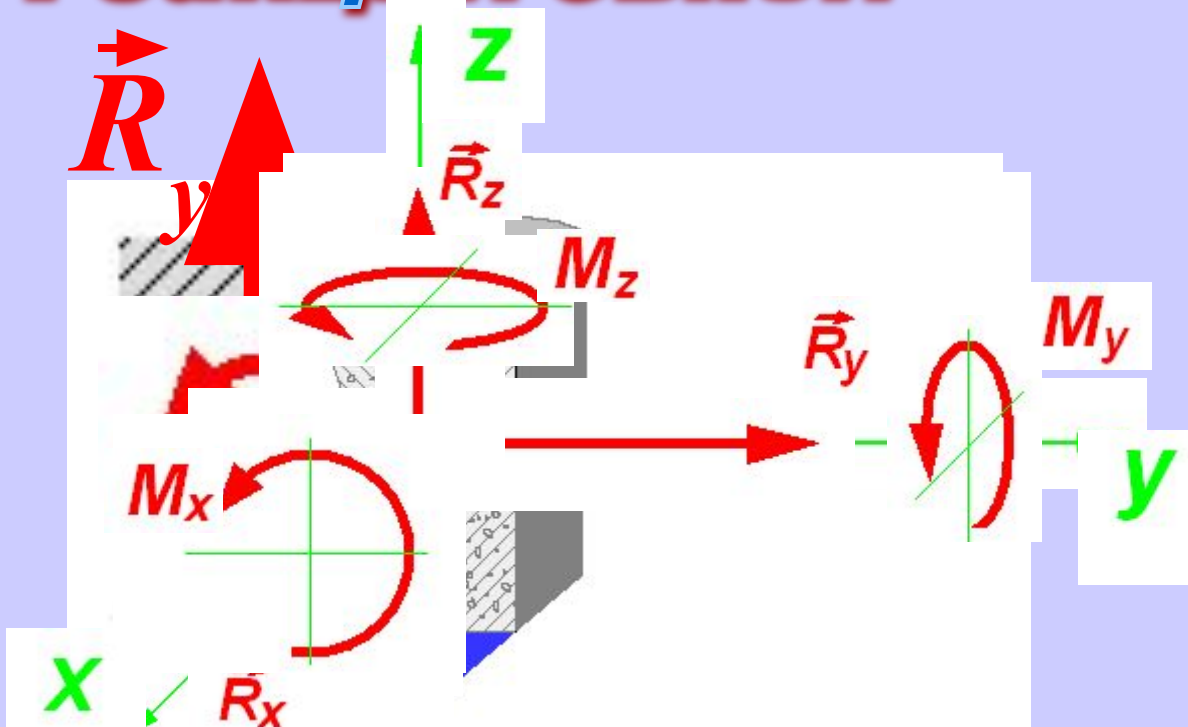
## 4. Жесткая заделка

Один конец твердого тела (балки) неподвижно защемлен (в стене). Связь не допускает линейных перемещений тела и поворота по всем координатным осям.

### ВНЕШНИЙ ВИД



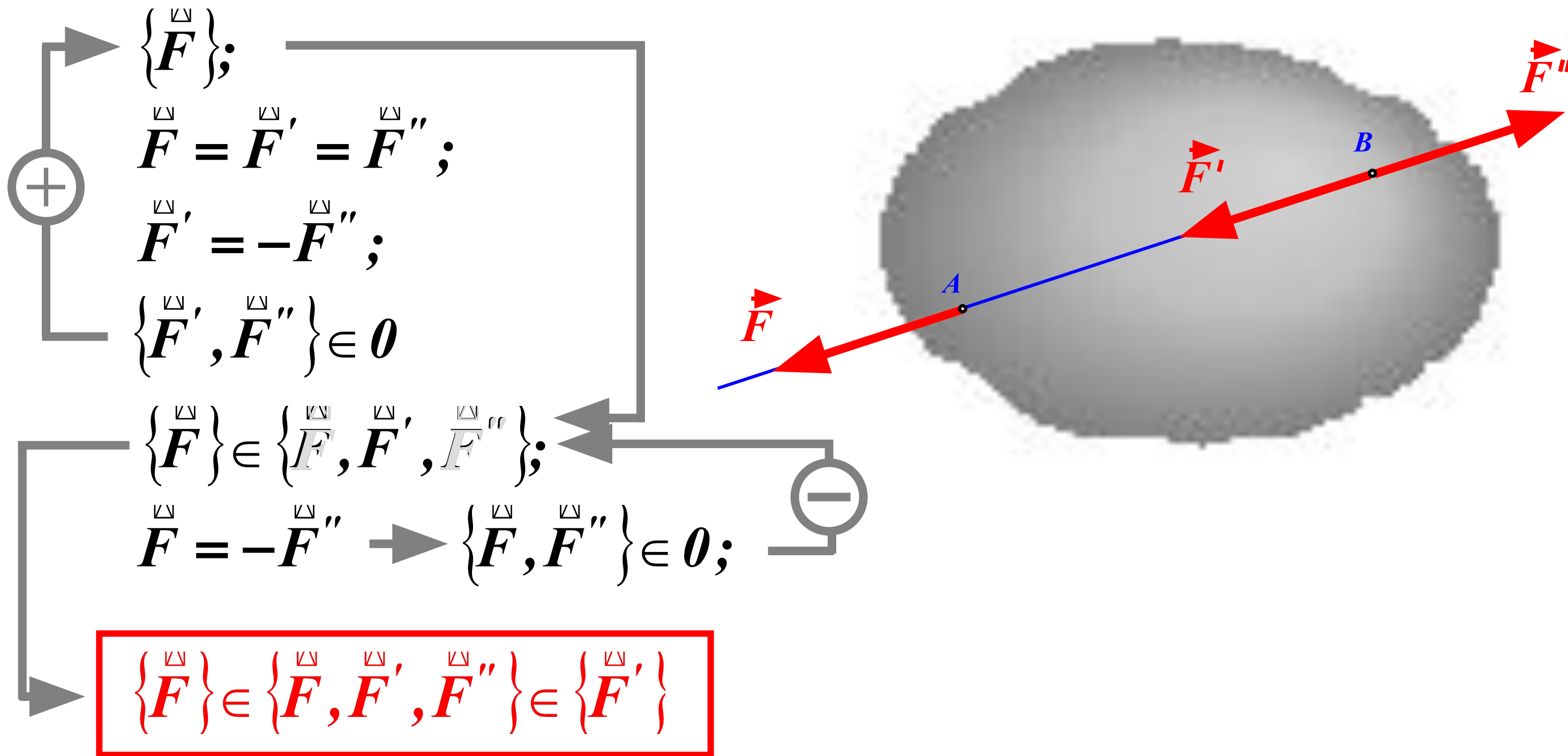
### РЕАКЦИИ СВЯЗИ



Реакция (состоит из трех мерных **ТРЕХ** пространственных) и состоит из **ШЕСТИ** проекций реакции: проекции реакции по осям координат ( $R_x, R_y, R_z$ ) и моменты реакции (моменты в каждой координатной плоскости ( $M_x, M_y, M_z$ ))



# Доказательство следствия 1 из аксиомы 2

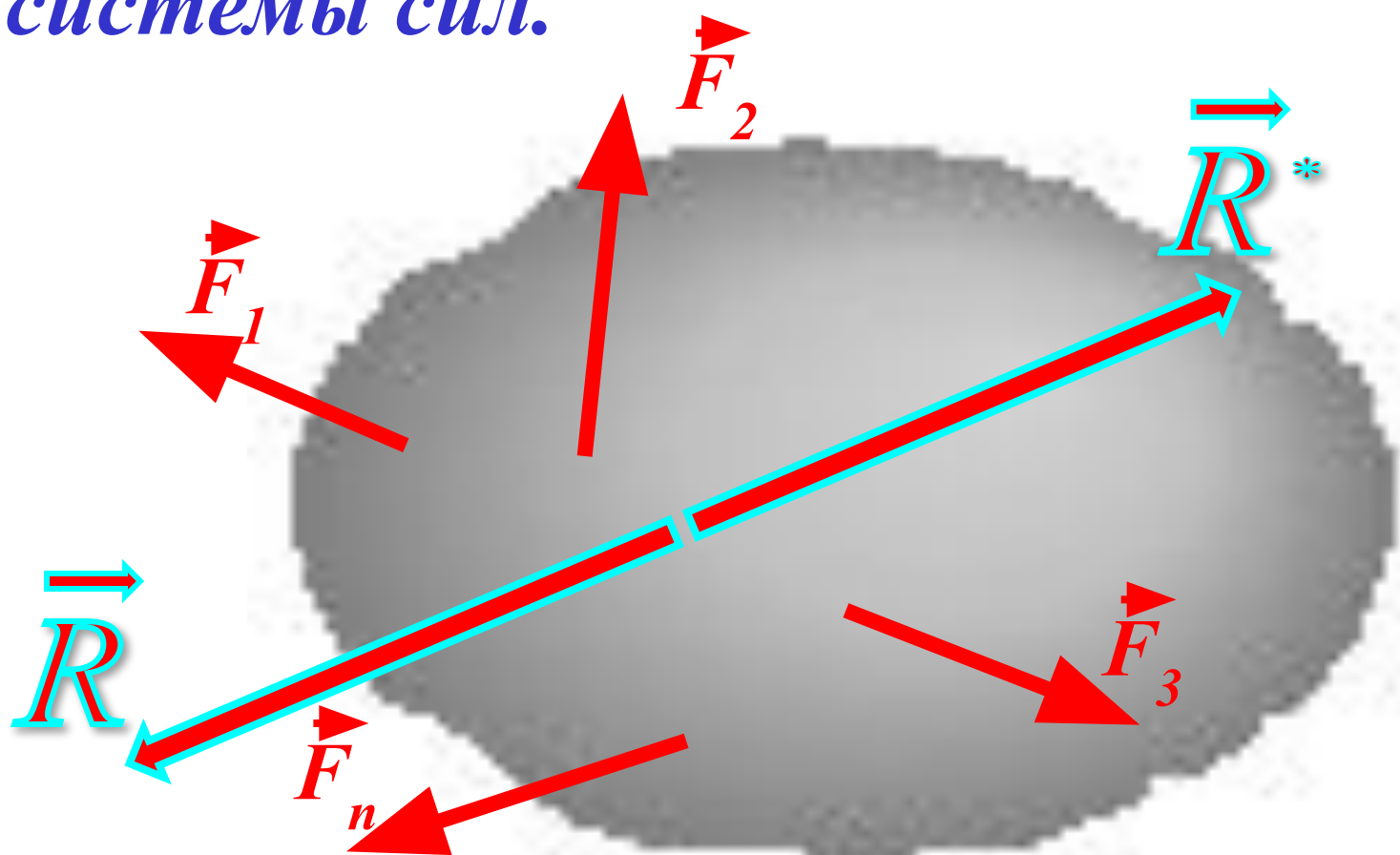


## Доказательство следствия 2 из аксиом 1 и 2

Согласно **аксиоме 1**, уравновешенной, является система состоящая из **двух сил**.

Следовательно, чтобы уравновесить систему из нескольких сил, нужно вначале заменить ее **равнодействующей**.

Имея **равнодействующую** можно подобрать соответствующую силу, так, чтобы  $\{\vec{R}, \vec{R}^*\} \equiv 0$ . Эта сила  $-\vec{R}^*$  – **уравновешивающая** системы сил.



Если система **не имеет** равнодействующей, то найти уравновешивающую **невозможно**.