

### 2.1. ПОНЯТИЕ О СВЯЗЯХ.

Ограничения, наложенные на положения (скорости) точек механической системы, называются связями.

**Связи** всегда осуществляются какими-либо материальными телами.

**Реакцией связи называется сила, с которой на данное тело действует то тело, которое осуществляет связь.**

Все силы, действующие на механическую систему, делятся на:

- внешние и внутренние,
- активные и реакции связей.

Силы, не являющиеся реакциями связей, принято называть **активными (или заданными)**.

## Принцип освобожденности от связей

Всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если мысленно отбросить связи, учтя их действие введением соответствующих реакций связей.

## 2.2. РЕАКЦИИ НЕКОТОРЫХ СВЯЗЕЙ

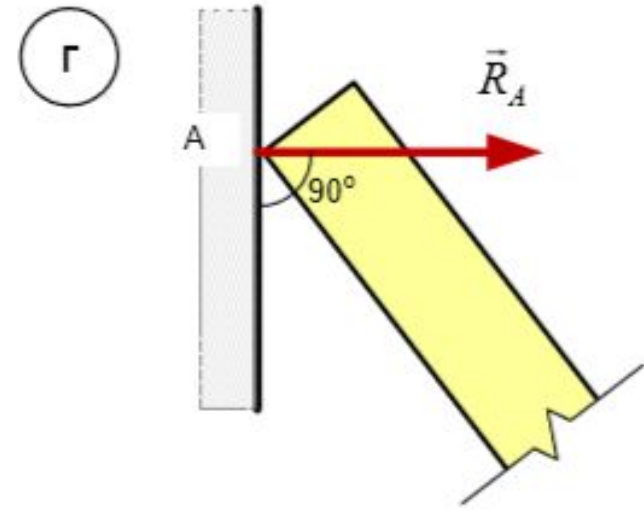
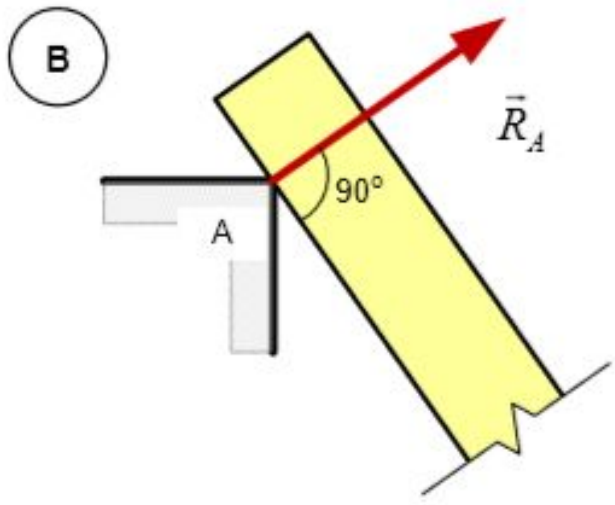
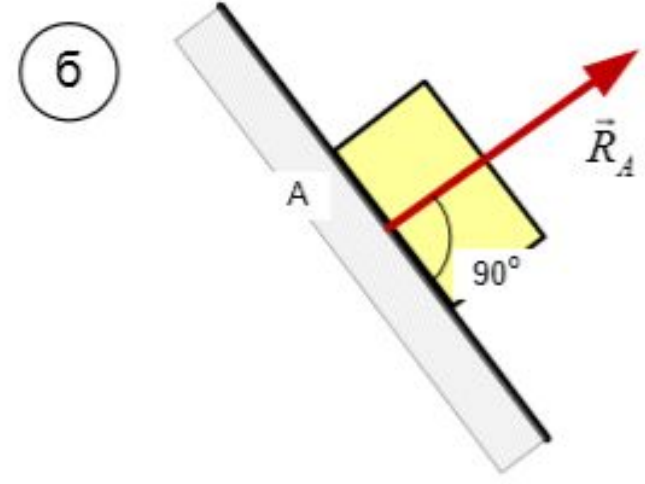
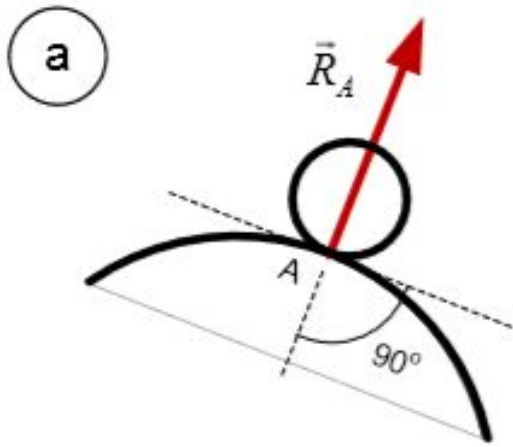
### 1. Гладкая поверхность

**Гладкая поверхность**, т. е. поверхность без трения, позволяет взаимодействующему с ней телу свободно перемещаться по касательной плоскости в точке касания и не позволяет перемещаться в направлении нормали к этой плоскости.

Следовательно, реакция такой поверхности (сила  $R_A$ ) направлена по общей нормали;

она называется при этом **нормальной реакцией**.

Важно понимать, что направление линии действия реакции не зависит от действующих на тело сил.

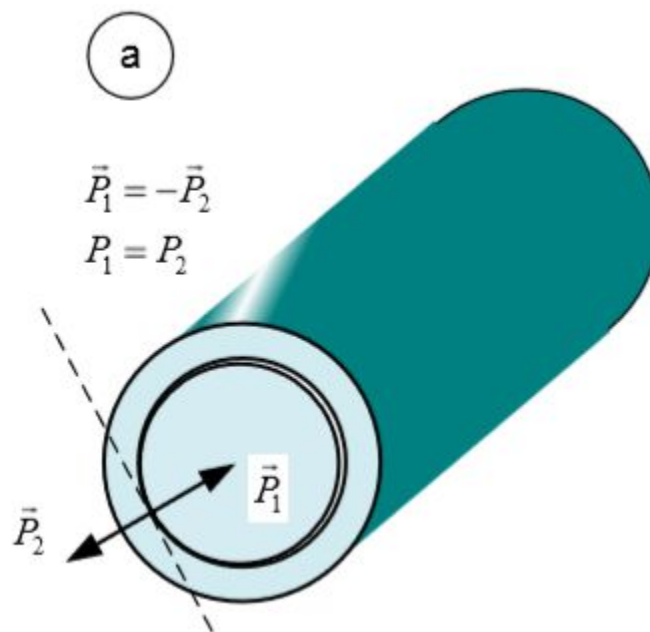


## а) Цилиндрической шарнир

Цилиндрический шарнир допускает поворот внутренней части относительно внешней.

Поворот происходит относительно оси цилиндра.

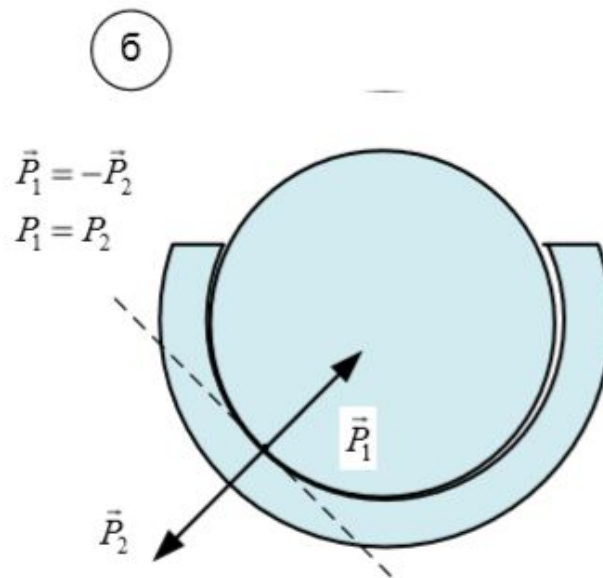
**Силы взаимодействия проходят перпендикулярно касательной плоскости, проведённой через линию соприкосновения. Линия их действия всегда проходит через ось шарнира.**



## б) Сферический шарнир

Сферический шарнир допускает поворот внутренней части относительно внешней в любом направлении. Поворот происходит относительно центра шарнира.

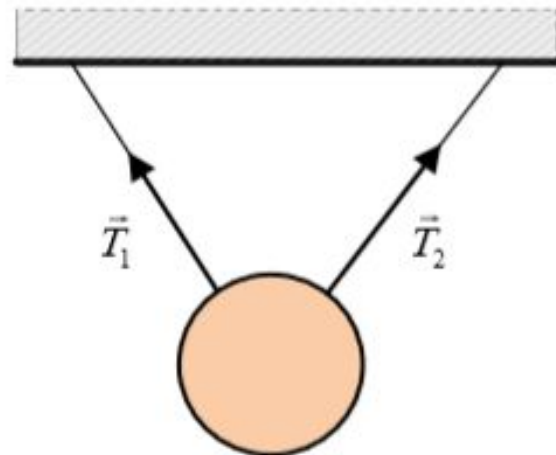
**Силы взаимодействия перпендикулярны касательной плоскости, проведённой через точку соприкосновения. Линия их действия всегда проходят через центр шарнира.**



## 2. Нить

Под термином «нить» в теоретической механике понимают любой гибкий элемент: трос, канат, веревку и т. п. Реакция нити всегда направлена вдоль нити и всегда внутрь ее (возникает только при натягивании нити).

Эта связь также является односторонней.



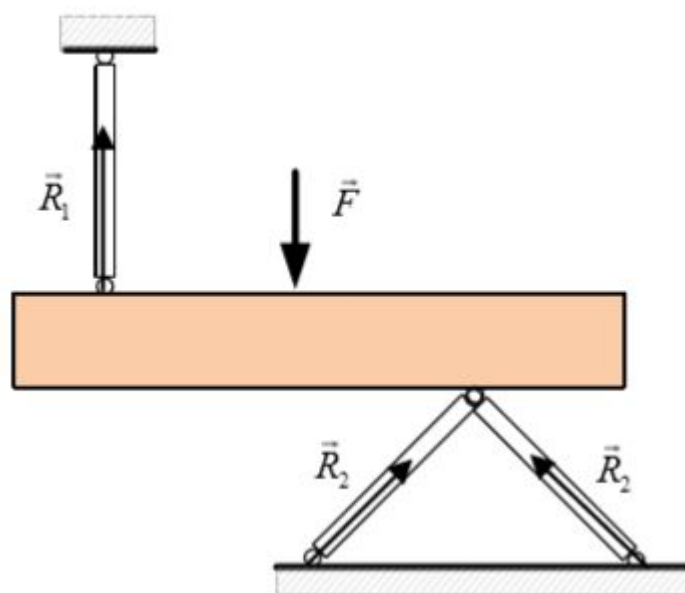
### 3. Опорный стержень.

Опорным стержнем принято называть невесомый стержень, прикрепляемый с двух сторон с помощью шаровых шарниров, которые допускают свободный поворот тел вокруг центра (или оси) этого шарнира (рис. 2.4, б).

На такой стержень действуют только две силы на его концах, и тогда, согласно аксиоме 1, эти силы имеют общую линию действия, которая проходит через центры опорных шарниров.

В случае прямолинейного стержня реакция направлена по оси стержня.

Эта связь является удерживающей или двухсторонней.

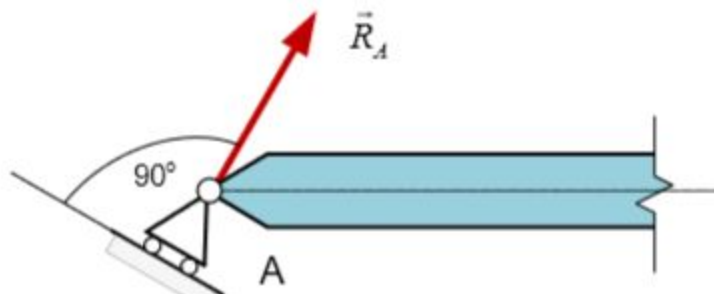




#### 4. Шарнирно-подвижная (скользящая) опора.

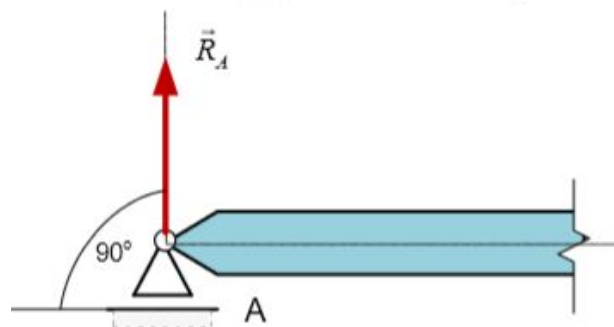
Такой тип опоры обычно реализуется в виде опоры на катках

Наличие катков позволяет опоре свободно перемещаться вдоль поверхности, поэтому, как и в случае взаимодействия тела с гладкой поверхностью, реакция имеет известное направление — она перпендикулярна опорной поверхности.



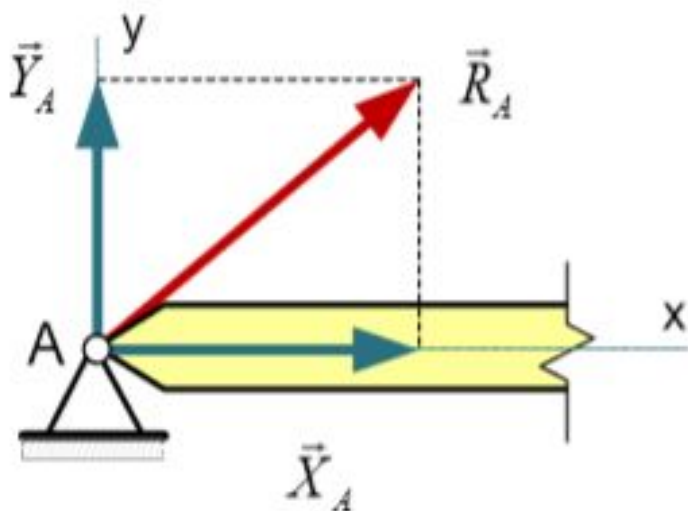
#### 5. Шарнирно-неподвижная опора.

Если тело прикреплено к поверхности (другому телу) с помощью неподвижного цилиндрического шарнира, то реакция имеет неизвестное направление в плоскости действия и угол  $\alpha$  может быть любым.





В этом случае силу  $\vec{R}_A$  неизвестного направления удобно разложить на две неизвестные силы  $\vec{X}_A$  и  $\vec{Y}_A$ , направленные по координатным осям.



При этом 
$$\vec{R}_A = \vec{X}_A + \vec{Y}_A$$

и 
$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$$

Силы  $\vec{X}_A$  и  $\vec{Y}_A$  называются составляющими силы  $\vec{R}_A$  по осям x и y.

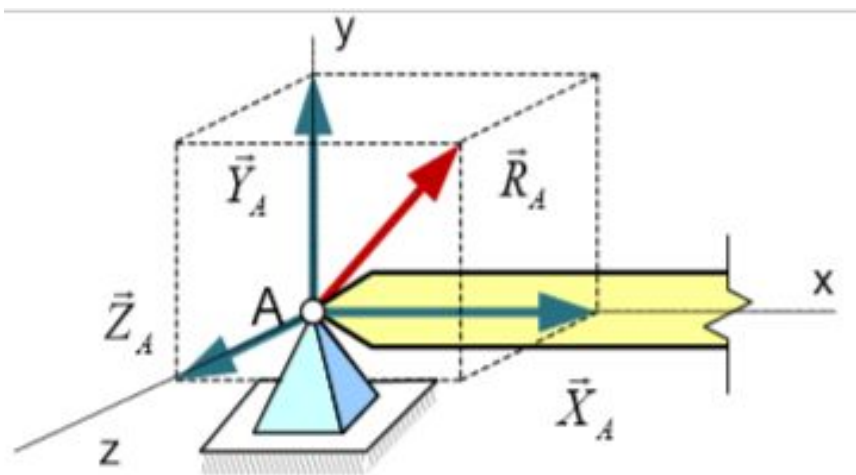
## 6. Шаровая шарнирно-неподвижная опора.

Для шарового (сферического) шарнира реакция может иметь любое направление в пространстве.

В этом случае ее следует разложить на три составляющие по осям:  $X_A$ ,  $Y_A$  и  $Z_A$

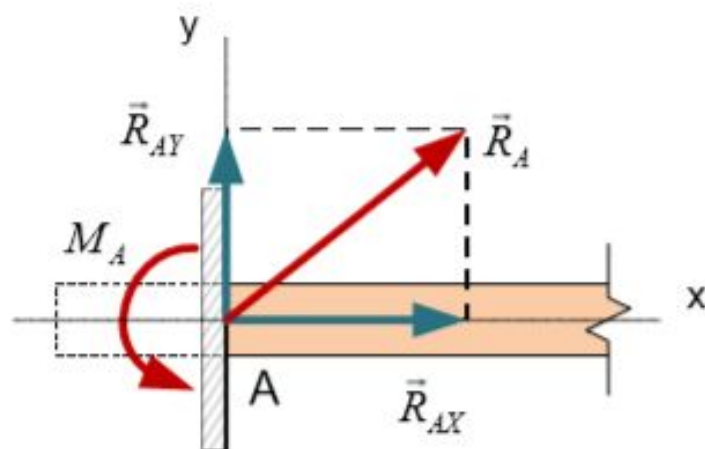
При этом 
$$\vec{R}_A = \vec{X}_A + \vec{Y}_A + \vec{Z}_A$$

и 
$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$$



## 7. Жёсткая заделка

Движение тела может быть ограничено жёсткой заделкой в какой-либо опоре



Жёсткая заделка препятствует любому поступательному перемещению тела, поэтому направление её реакции заранее определить нельзя и сначала определяют её составляющие  $\vec{R}_{Ax}$  и  $\vec{R}_{Ay}$ .

Кроме того, жёсткая заделка препятствует повороту тела, поэтому, кроме силовой реакции, на тело действует ещё момент заделки  $M_A$ , уравновешивающий стремление нагрузок повернуть тело в заделке.

### 2.3. СТЕПЕНИ СВОБОДЫ, ЧИСЛО СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

Движение тел в пространстве можно представить в виде комбинации элементарных форм движения:

**-движение вдоль прямолинейной оси**

**-поворот относительно некоторой оси.**

Возможность совершения телом одного из таких элементарных движений называется

**степенью свободы.**

Количество элементарных форм движения, в виде комбинации которых может быть представлено движение тела, называется

**числом степеней свободы.**

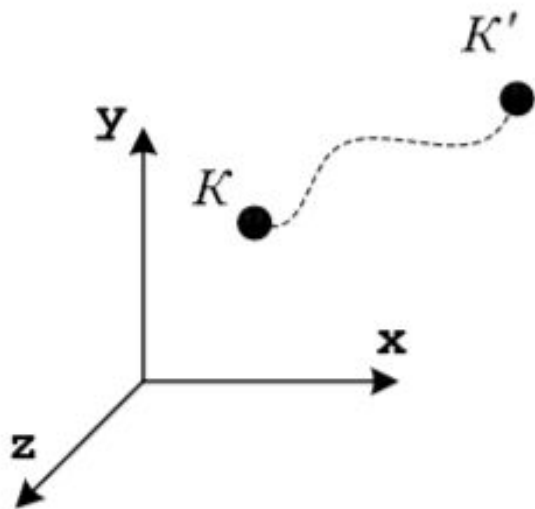
Чтобы конструкция под действием внешних сил находилась в покое, форма опор и их количество должны быть подобраны таким образом, чтобы исключить все степени свободы тела.

## Материальная точка

Движение свободной материальной точки в пространстве может быть представлено в виде комбинации трех элементарных видов движения, а на плоскости, -- только двух.

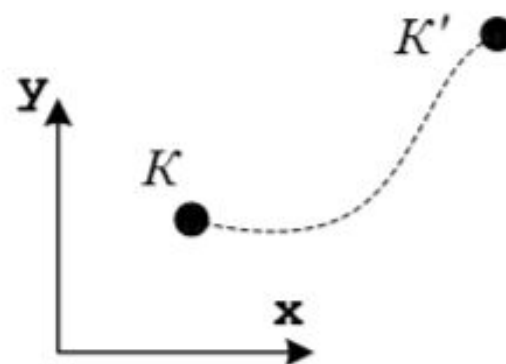
### В пространстве

3 степени свободы



### На плоскости

2 степени свободы

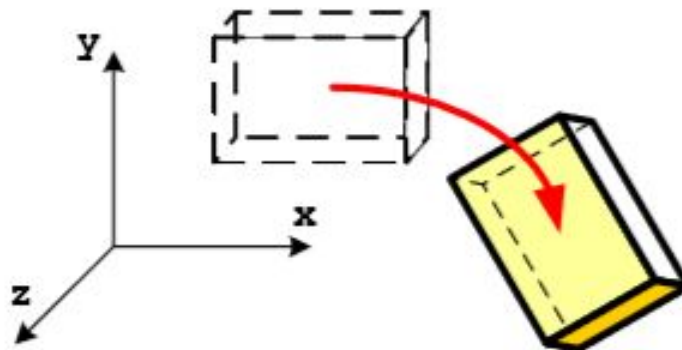


## Материальное тело

Свободное материальное тело, двигаясь в пространстве или на плоскости, не только смещается по направлению координатных осей, но может также и поворачиваться.

В пространстве

6 степеней свободы



На плоскости

3 степени свободы

