

## Лекция № 2

Параллельный перенос сил. Связи и их реакции.  
Уравнения равновесия.

**Свободным телом** называется тело, не скрепленное с другими телами, которое может совершать из данного положения любые перемещения в пространстве.

**Несвободным телом** называется тело, перемещению которого в пространстве препятствуют какие-нибудь другие, скрепленные или соприкасающиеся с ним тела.

**Связь** – все, что ограничивает перемещение данного тела в пространстве.

Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя тем или иным перемещениям, называется **силой реакции связи**.

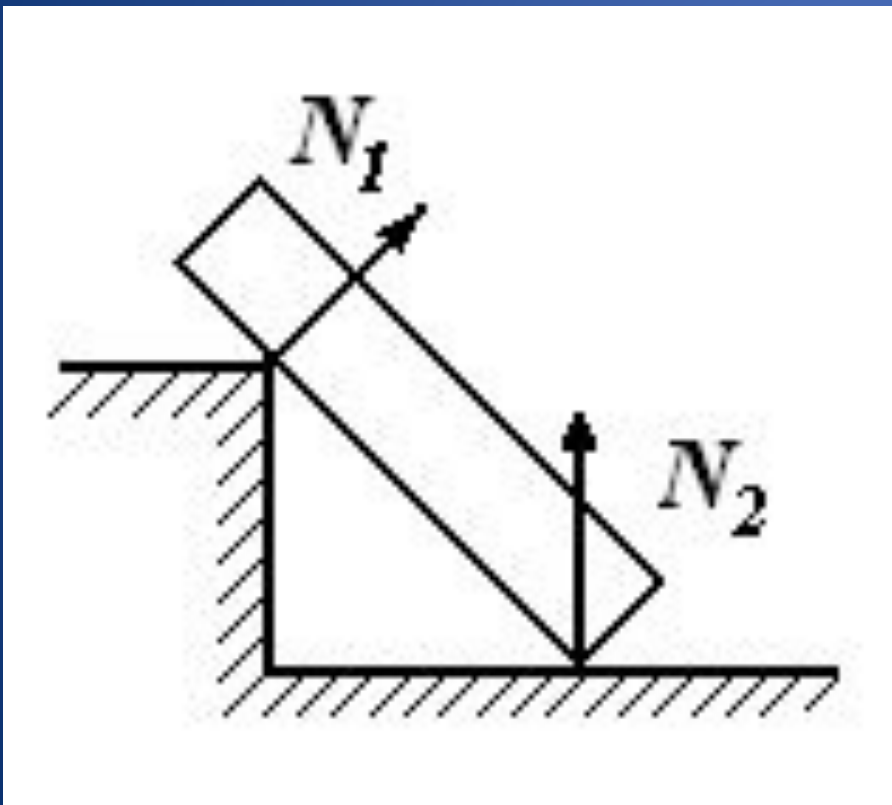
Силы, не являющиеся реакциями связей (такие, например, как сила тяжести), - **активные силы**.

Направлена реакция связи в сторону, противоположную той, куда связь не дает перемещаться телу.

## Основные виды связей.

### 1. Гладкая плоскость (поверхность) или опора.

Гладкой называется поверхность, трением о которую данного тела можно в первом приближении пренебречь.

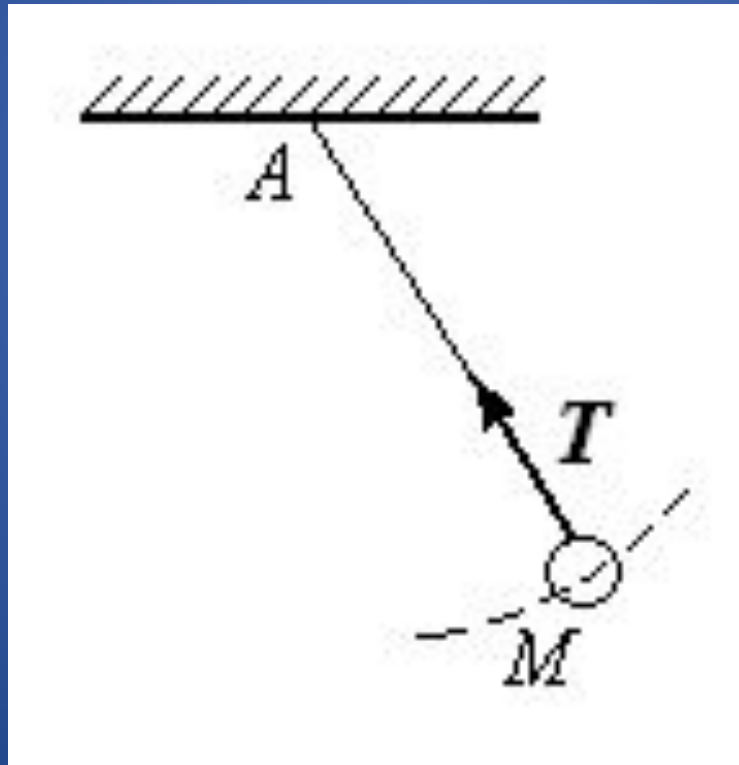


Такая поверхность не дает телу перемещаться только по направлению общего перпендикуляра (нормали) к поверхностям соприкасающихся тел в точке их касания.

Реакция  $N$  гладкой поверхности или опоры направлена по общей нормали к поверхностям соприкосновения тел в точке их касания и приложена в этой точке.

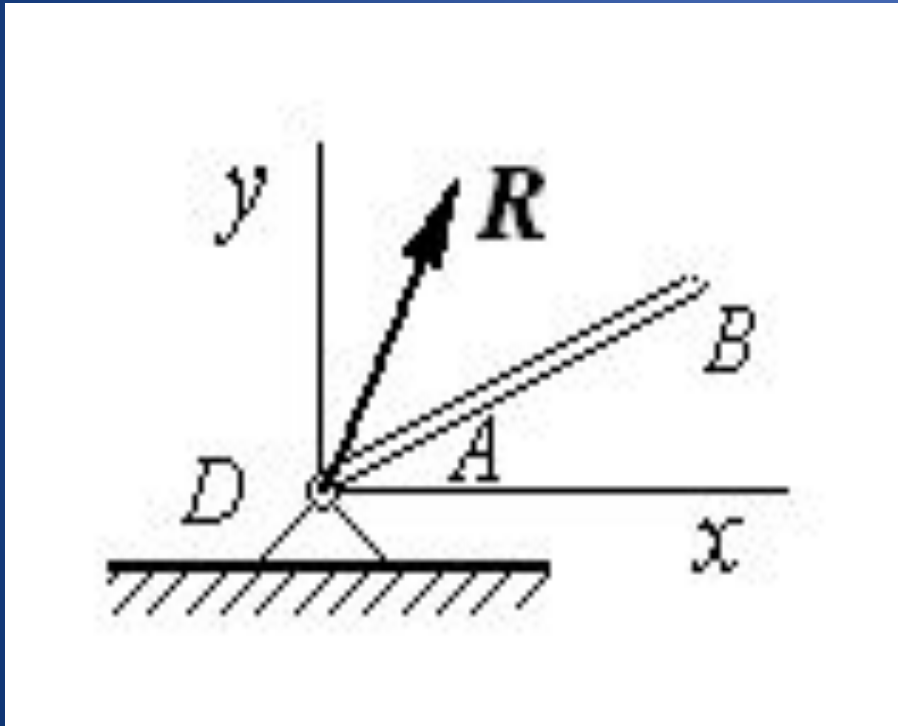
## 2. Нить.

Связь, осуществленная в виде гибкой нерастяжимой нити, не дает телу  $M$  удаляться от точки подвеса нити по направлению  $AM$ . Реакция  $T$  натянутой нити направлена вдоль нити к точке ее подвеса.



### 3. Цилиндрический шарнир (подшипник).

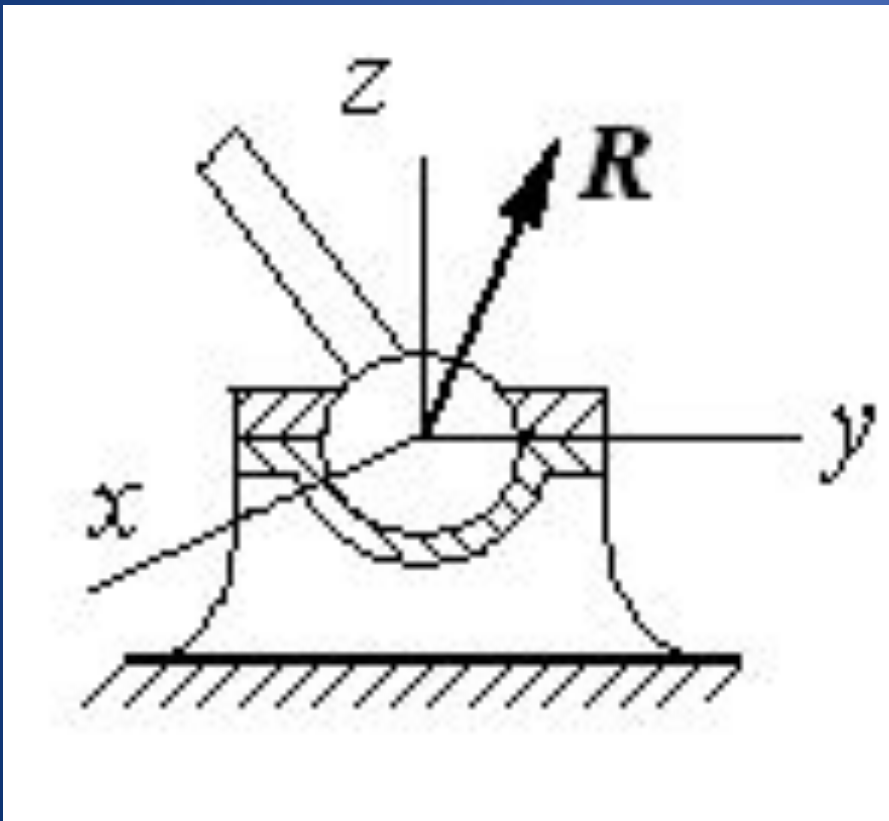
Если два тела соединены болтом, проходящим через отверстия в этих телах, то такое соединение называется шарнирным или просто шарниром; осевая линия болта называется осью шарнира.



Тела АВ прикреплено шарниром к опоре D. Тело может поворачиваться как угодно вокруг оси шарнира, при этом конец А тела не может переместиться ни по какому направлению, перпендикулярному к оси шарнира. Реакция  $R$  цилиндрического шарнира может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной к оси шарнира.

#### 4. Шаровой шарнир и подпятник.

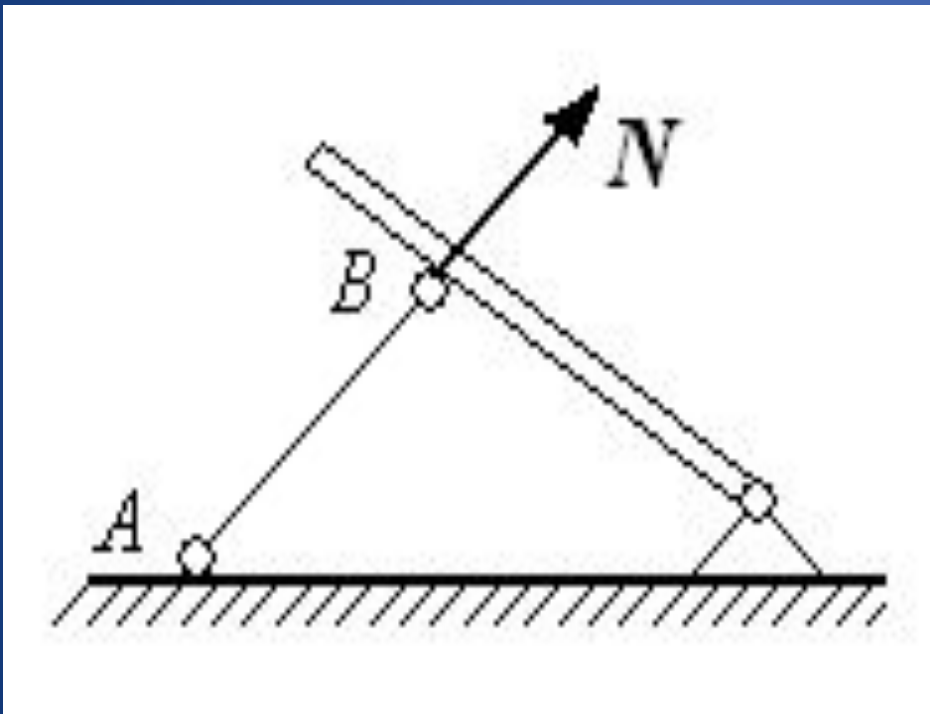
Этот вид связи закрепляет какую-нибудь точку тела так, что она не может совершать никаких перемещений в пространстве.



Реакция  $R$  шарового шарнира или подпятника может иметь любое направление в пространстве.

## 5. Стержень.

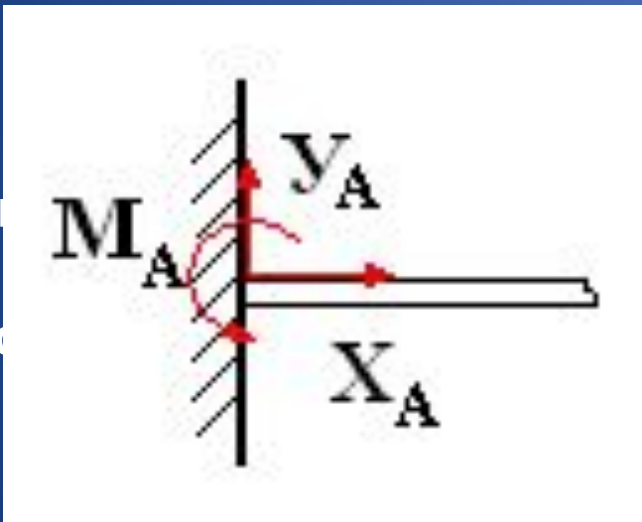
Стержень АВ закреплен на концах шарнирами. Весом стержня по сравнению с воспринимаемой им нагрузкой можно пренебречь. Стержень работает только на растяжение или сжатие.



Реакция  $R$  стержня направлена вдоль оси стержня.

## 6. Заделка.

Такое закрепление не допускает ни линейных, ни угловых перемещений опорного сечения.



В этой опоре может в общем случае  
возникать реакция, которую

раскладывают на две

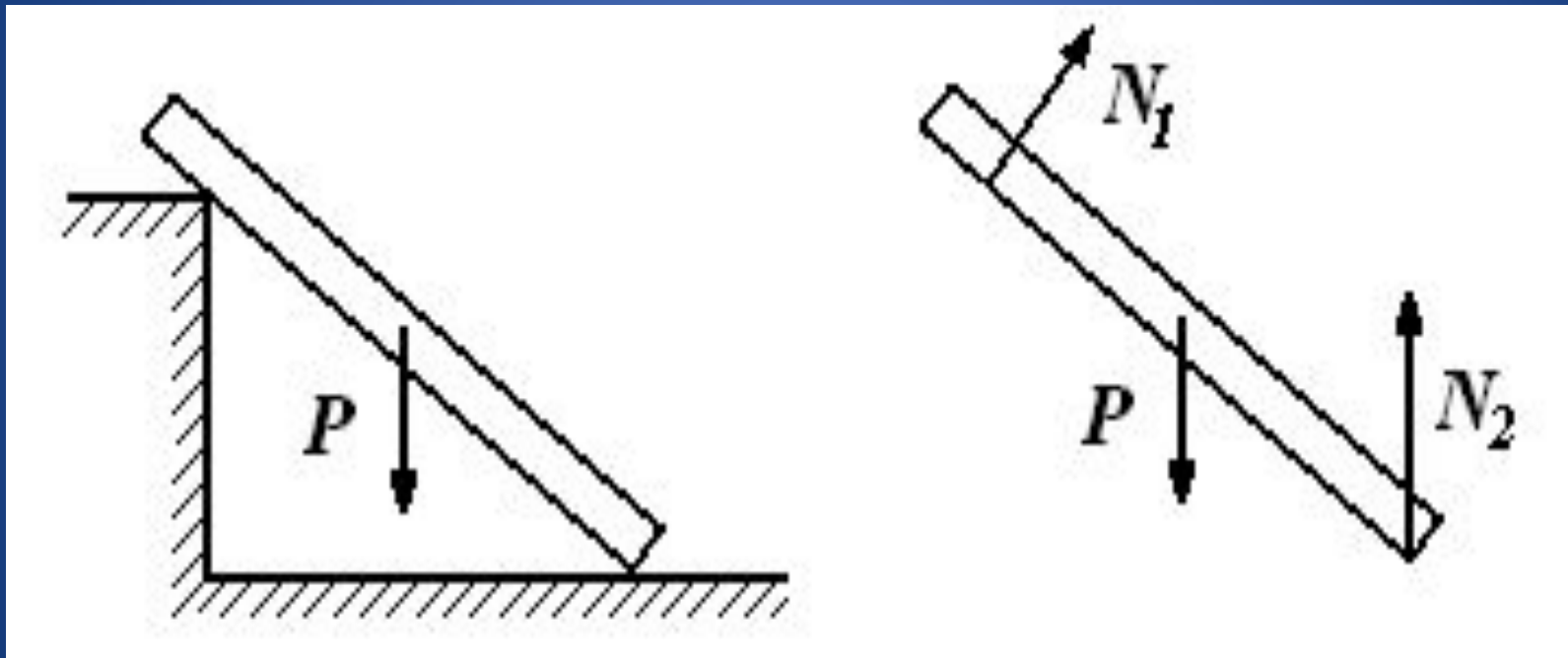
(вертикальную и горизонтальную)

момент защемления (реактивный  
момент).



## Аксиома связей.

Всякое несвободное тело можно рассматривать как свободное, если отбросить связи и заменить их действие реакциями связей.



## **Теорема о параллельном переносе силы**

**Силу, приложенную к абсолютно твердому телу, можно, не изменяя оказываемого действия, переносить параллельно самой себе в любую точку тела, прибавляя при этом момент, равный моменту переносимой силы относительно точки, куда сила переносится.**

## Приведение плоской системы к данному центру

Пусть на твердое тело действует какая-нибудь система сил  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , лежащих в одной плоскости. Возьмем в этой плоскости произвольную точку  $O$ , которую назовем *центром приведения*.

Перенесем все силы в точку  $O$ .

В результате на тело будет действовать система сил  $F_1, F_2, \dots, F_n$  и система моментов, которые равны

$$m_1 = m_0(F_1), \quad m_2 = m_0(F_2), \quad \dots, \quad m_n = m_0(F_n).$$

Силы, приложенные в точке  $O$ , можно заменить одной силой  $\vec{R}$ , равной

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_k .$$

Аналогично, все моменты можно заменить одним моментом  $M_0$ , равным

$$M_0 = m_1 + m_2 + \dots + m_n = \sum m_0(F_k).$$

*Всякая плоская система сил, действующих на абсолютно твердое тело, при приведении к произвольно взятому центру  $O$  заменяется одной силой  $\vec{R}$ , равной главному вектору системы и приложенной в центре приведения  $O$ , и одному моменту  $M_0$ , равному главному моменту системы относительно центра  $O$ .*

## Условия равновесия произвольной плоской системы сил

Для равновесия любой плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы одновременно выполнялись условия:

$$\vec{R} = 0, M_0 = 0.$$

Условия равновесия системы могут быть представлены в виде:

1.  $\sum F_{kX} = 0, \sum F_{kY} = 0, \sum m_0(F_k) = 0.$

*Сумма проекций всех сил на каждую из двух координатных осей и сумма их моментов относительно любого центра, лежащего в плоскости действия сил, равны нулю.*

2.  $\sum m_A(F_k) = 0, \sum m_B(F_k) = 0, \sum F_{kX} = 0.$

*Сумма моментов относительно каких-нибудь двух центров A и B и сумма их проекций на ось X, не перпендикулярную к прямой AB, равны нулю.*

3.  $\sum m_A(F_k) = 0, \sum m_B(F_k) = 0, \sum m_C(F_k) = 0.$

*Суммы моментов всех сил относительно любых трех центров A, B, C, не лежащих на одной прямой, равны нулю.*