

Равновесие пространственной системы сил

Векторные условия равновесия:

$$\sum \bar{F}_k = 0, \quad \sum M_O(\bar{F}_k) = 0.$$

В проекциях на оси координат:

$$\begin{array}{ll} 1. \sum F_{kx} = 0; & 4. \sum m_x(\bar{F}_k) = 0; \\ 2. \sum F_{ky} = 0; & 5. \sum m_y(\bar{F}_k) = 0; \\ 3. \sum F_{kz} = 0; & 6. \sum m_z(\bar{F}_k) = 0. \end{array}$$

Равновесие пространственной системы сил

Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы были равны нулю алгебраические суммы проекций всех сил на координатные оси и алгебраические суммы моментов всех сил относительно координатных осей.

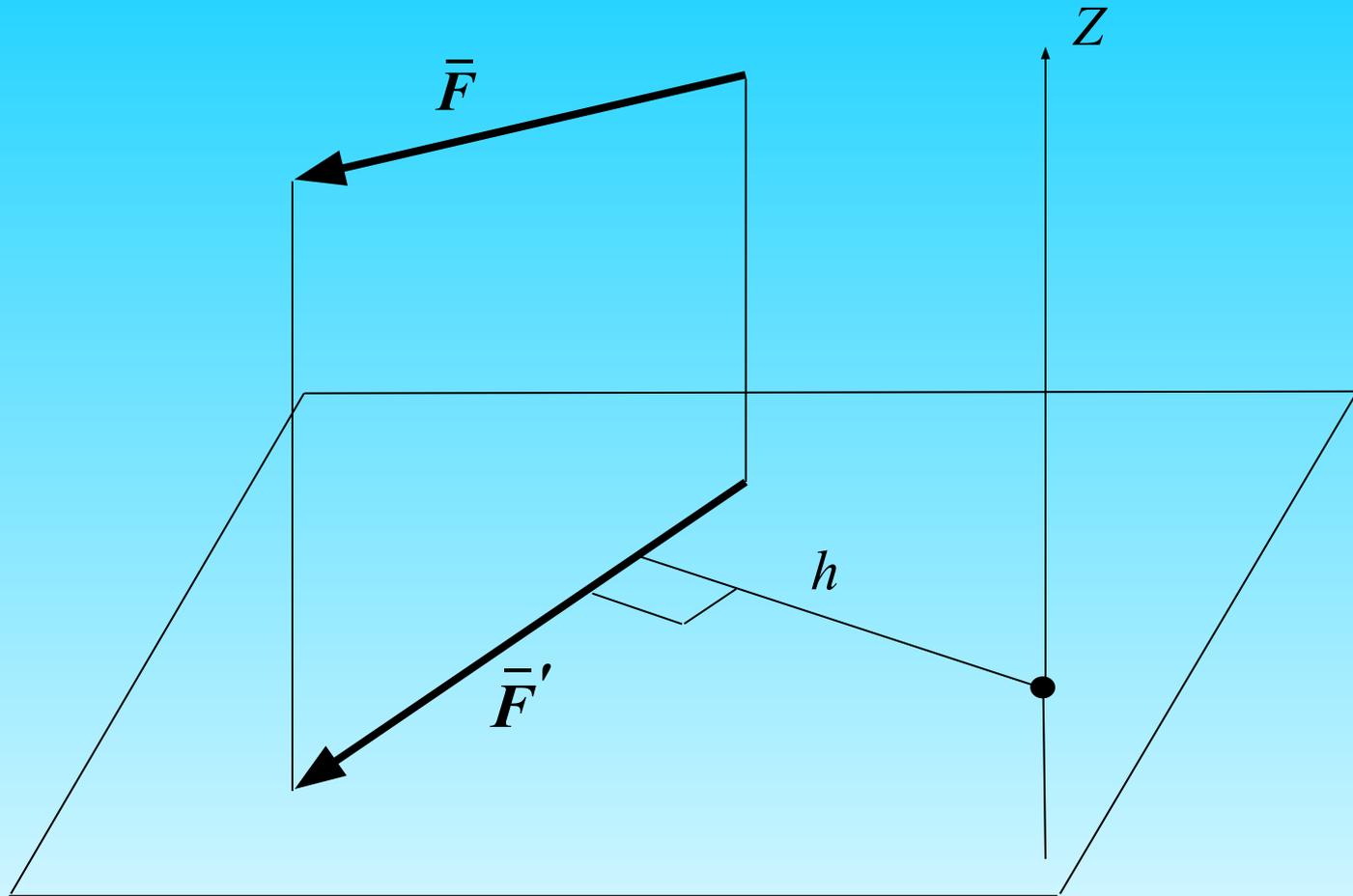
МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ

Чтобы найти момент силы относительно оси, необходимо:

1. Построить плоскость, перпендикулярную оси;
2. Построить проекцию силы на плоскость;
3. Определить плечо проекции силы относительно точки встречи оси с плоскостью;
4. Вычислить момент проекции.

Правило знаков: момент считается положительным, если с положительного конца оси поворот, который сила стремится совершить, виден происходящим против часовой стрелки.

МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ



$$M_z(\bar{F}) = \pm F' \cdot h$$

МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ

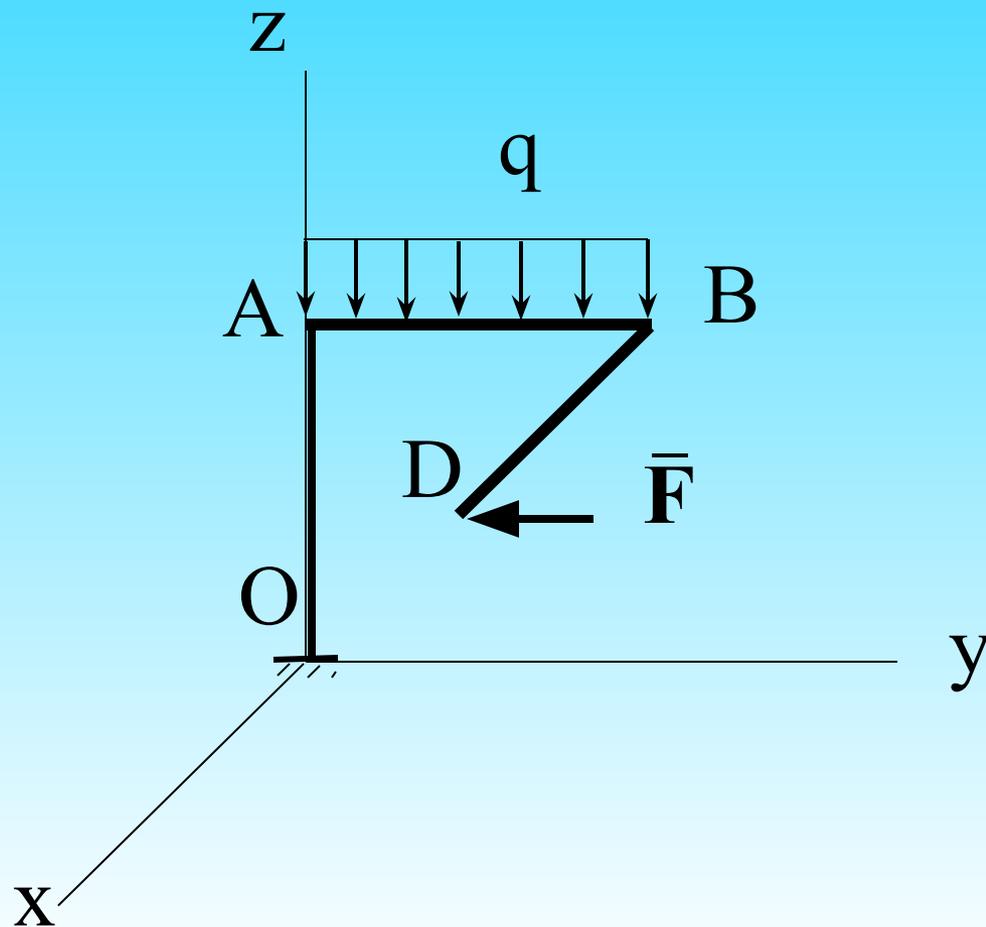
Момент силы относительно оси равен нулю, если:

- сила параллельна оси;
- линия действия силы пересекает ось.

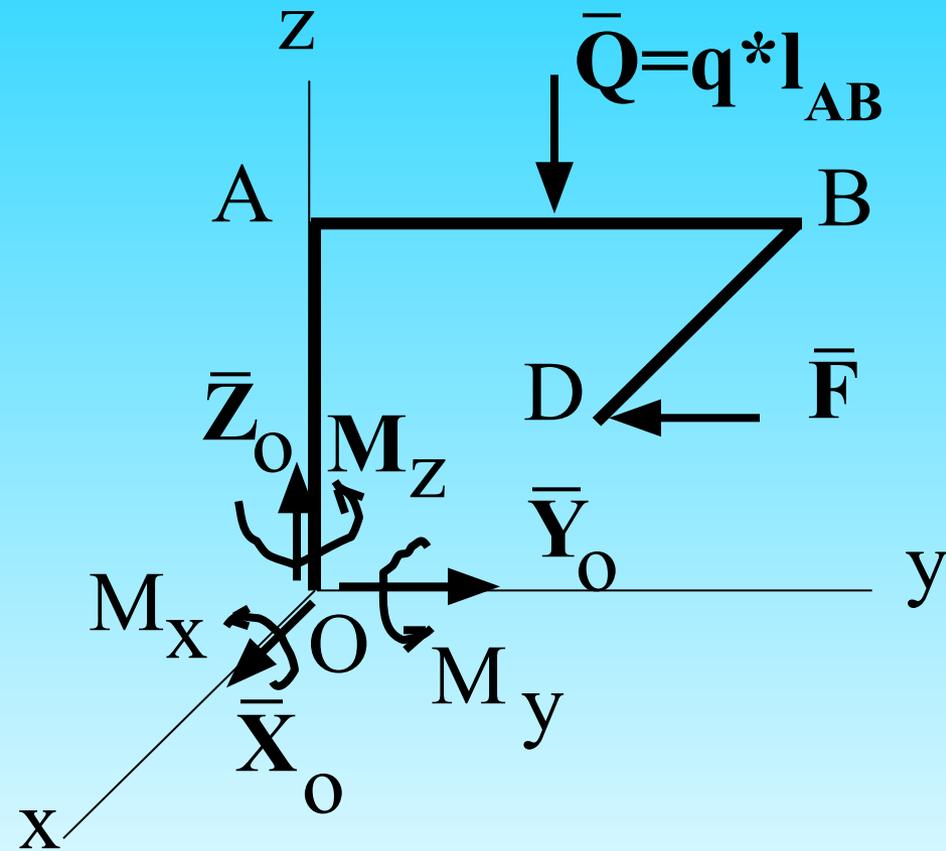
Равновесие пространственной системы сил

Пример:

Определить реакции заделки



Равновесие пространственной системы сил



1. $\sum F_x = X_O = 0;$
2. $\sum F_y = Y_O - F = 0;$
3. $\sum F_z = Z_O - Q = 0;$
4. $\sum M_x(\bar{F}_K) = M_x +$
 $+ F \cdot l_{OA} - Q \cdot \frac{l_{AB}}{2} = 0;$
5. $\sum M_y(\bar{F}_K) = M_y = 0;$
6. $\sum M_z(\bar{F}_K) = M_z -$
 $- F \cdot l_{BD} = 0;$

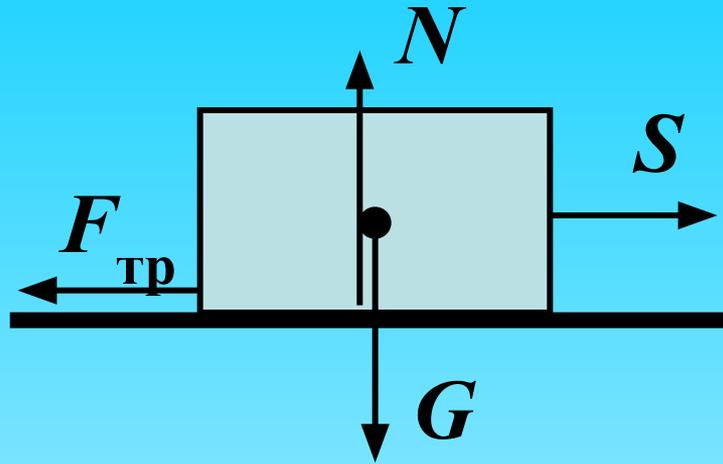
Равновесие тел при наличии трения

Трение скольжения

При стремлении сдвинуть одно тело по поверхности другого в плоскости соприкосновения тел возникает сила трения, величина которой может принимать любые значения от нуля до значения $F_{пр}$, называемого *предельной силой трения*

$$F_{пр} = f \cdot N$$

Равновесие тел при наличии трения



$$F_{\text{ОД}} = S$$

$$F_{\text{ОД}} \leq F_{i\delta} = f \cdot N$$

Изучение равновесия с учетом трения можно свести к рассмотрению предельного равновесия, когда

$$F_{\text{ОД}} = f \cdot N$$

Равновесие тел при наличии трения

Законы трения:

1. Сила трения направлена в сторону, противоположную той, куда действующие силы стремятся сдвинуть тело.
2. Сила трения не зависит от размеров соприкасающихся при трении поверхностей.
3. Коэффициент трения скольжения f зависит от физич. свойств трущихся поверхностей.

Значение f для некоторых тел:

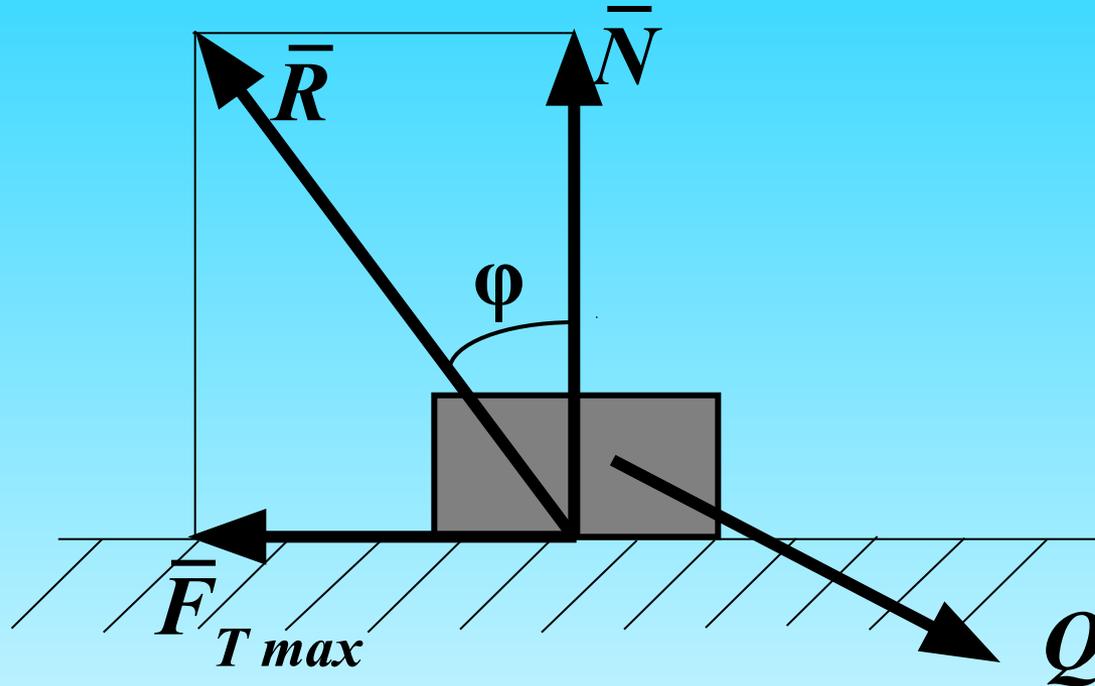
дерево по дереву...0,4..0,7

металл по металлу...0,15..0,25

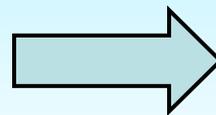
сталь по льду...0,023

Равновесие тел при наличии трения

Реакции шероховатых связей. Угол трения

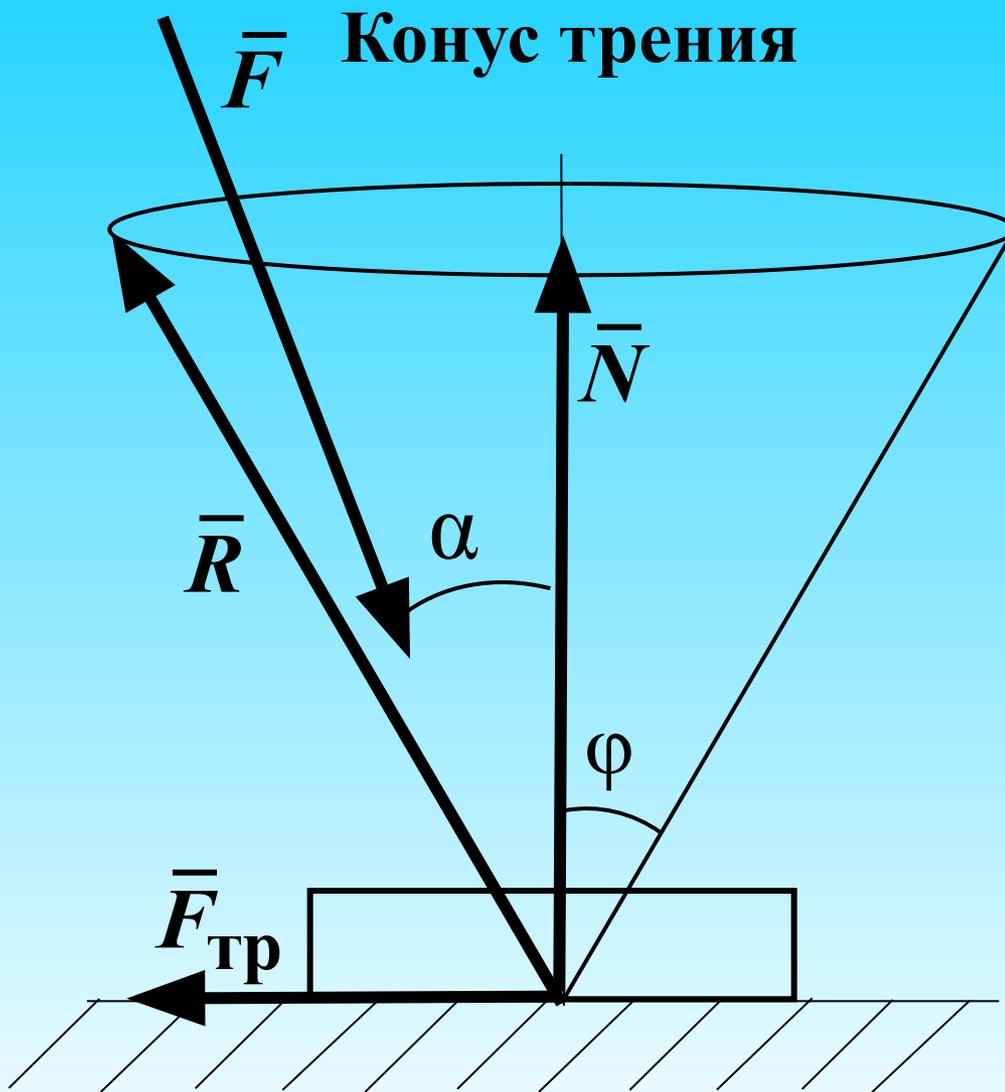


$$\operatorname{tg} \phi = \frac{F_{T \max}}{N}$$



$$\operatorname{tg} \phi = f$$

Равновесие тел при наличии трения

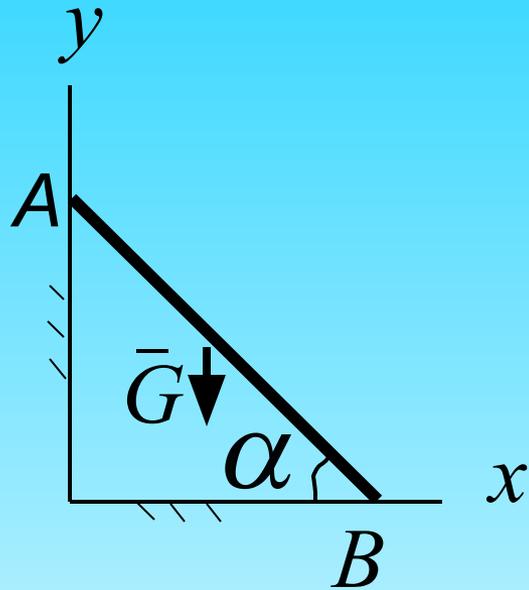


*Условие
равновесия
тела:*

$$\alpha \leq \varphi$$

Равновесие тел при наличии трения

Пример



Дано:

$$AB = 2a;$$

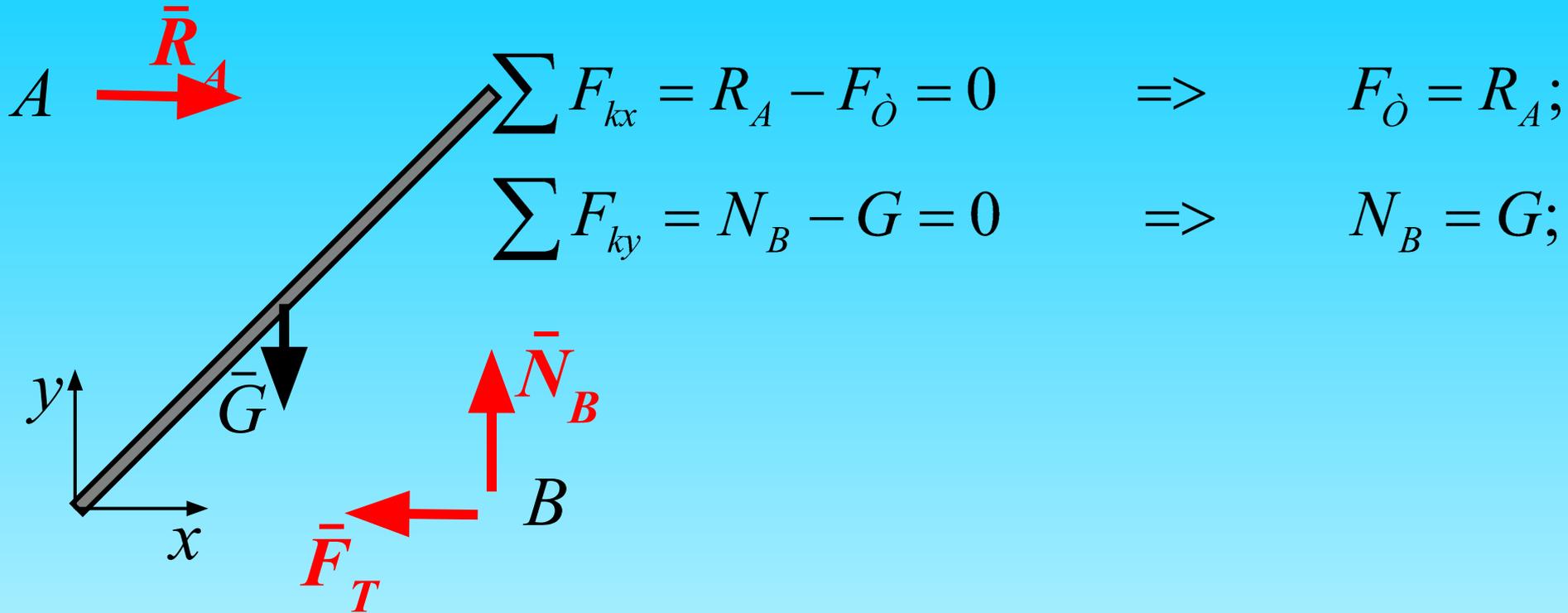
G ;

стенка гладкая, пол шероховатый.

$$\alpha = 45^{\circ}$$

Определить коэфф.трения при равновесии.

Равновесие тел при наличии трения



$$\sum F_{kx} = R_A - F_{\dot{O}} = 0 \quad \Rightarrow \quad F_{\dot{O}} = R_A;$$

$$\sum F_{ky} = N_B - G = 0 \quad \Rightarrow \quad N_B = G;$$

$$\sum M_B(\vec{F}_k) = G \cdot \cos 45 \cdot a - R_A \cdot \cos 45 \cdot 2 \cdot a = 0 \quad \Rightarrow$$

$$R_A = \frac{G}{2} \quad \Rightarrow \quad F_T = \frac{G}{2}$$

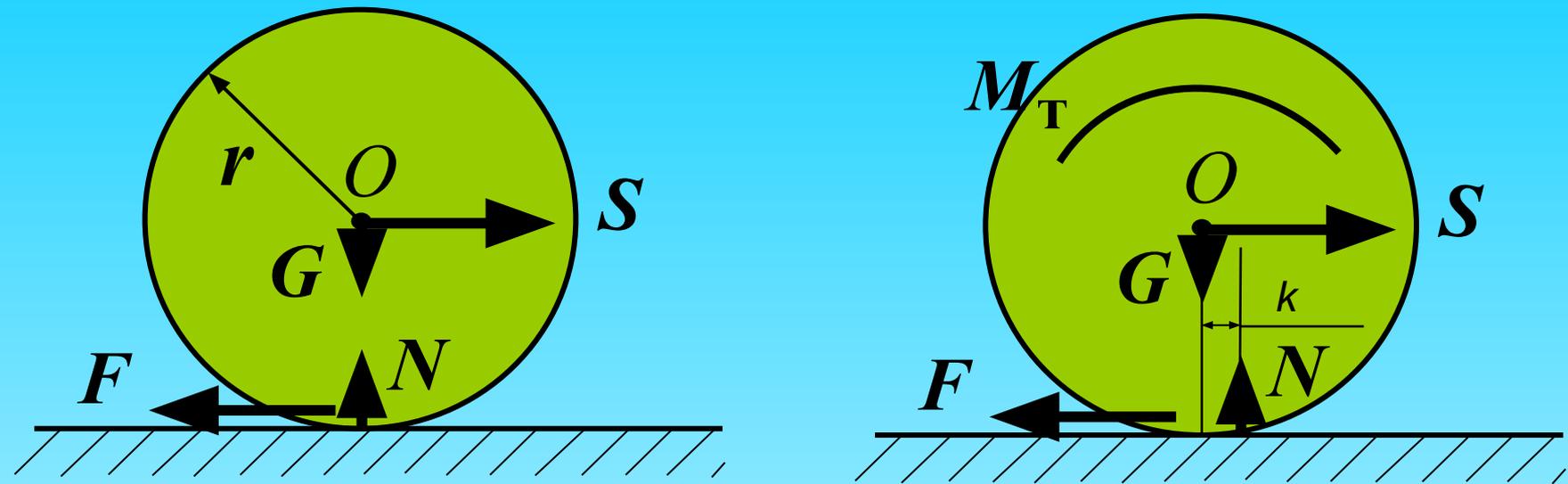
$$f \geq \frac{F_T}{N_B} = \frac{0,5 \cdot G}{G} = 0,5;$$

Равновесие тел при наличии трения

Трение качения

Трением качения называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по поверхности другого.

Равновесие тел при наличии трения



$$M_T = k \cdot N$$

M_T – момент сопротивления качению,
 k – коэффициент трения качения.

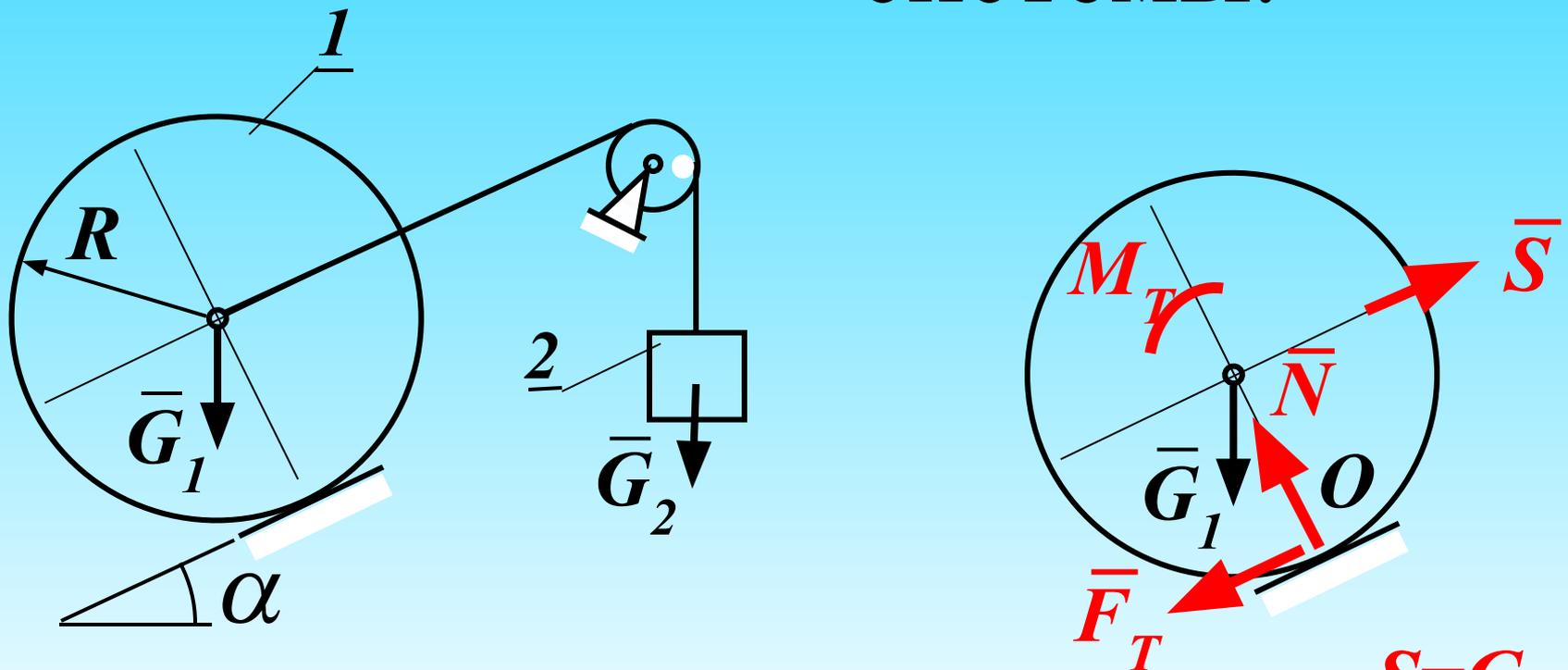
Значение k для некоторых тел:

дерево по дереву...0,05..0,08

металл по металлу...0,001..0,005

Пример Дано: G_1, α, R, δ .

Найти $\min G_2$ при равновесии системы.



$$M_T = \delta \cdot N = \delta \cdot G_1 \cdot \cos \alpha \quad S = G_2$$

Равновесие тел при наличии трения

$$\sum M_O(\bar{F}_k) = 0: \quad \boxed{G_2} \quad \boxed{\delta \cdot G_1 \cdot \cos \alpha}$$

$$G_1 \cdot R \cdot \sin \alpha - S \cdot R - M_T = 0$$

$$\min G_2 = G_1 \left(\sin \alpha - \frac{\delta}{R} \cos \alpha \right).$$