

**ТЕМА ЛЕКЦИИ  
«ПЛОСКАЯ СИСТЕМА  
ПРОИЗВОЛЬНО  
РАСПОЛОЖЕННЫХ СИЛ»**

**Лектор:**

**Бердюгина О.В.**

**2020 ГОД**

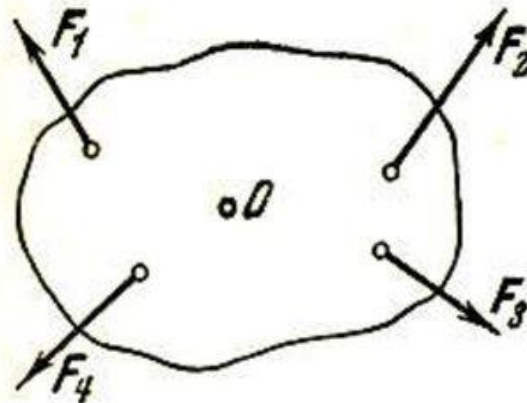
# ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. **Определение системы сил.**
2. **Виды воздействий, рассматриваемые в механике.**
3. **Теорема ВАРИНЬОНА.**
4. **Условия (уравнения) равновесия плоской системы сил.**
5. **План решения задач.**
6. **Варианты заданий «ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СИЛ»**



# Плоская система произвольно расположенных сил -

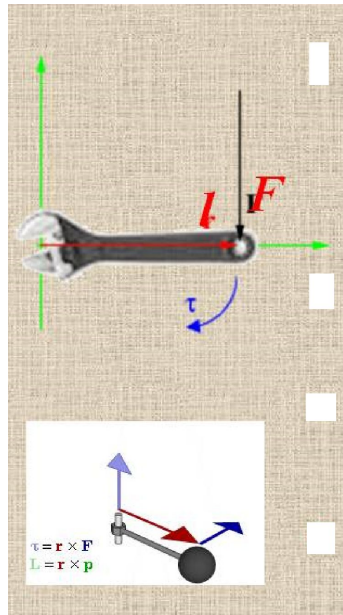
это система, у которой силы расположены в одной плоскости и линии их действия не пересекаются в одной точке



**ВИДЫ  
ВОЗДЕЙСТВИЙ,  
РАССМАТРИВАЕМЫЕ  
В МЕХАНИКЕ**



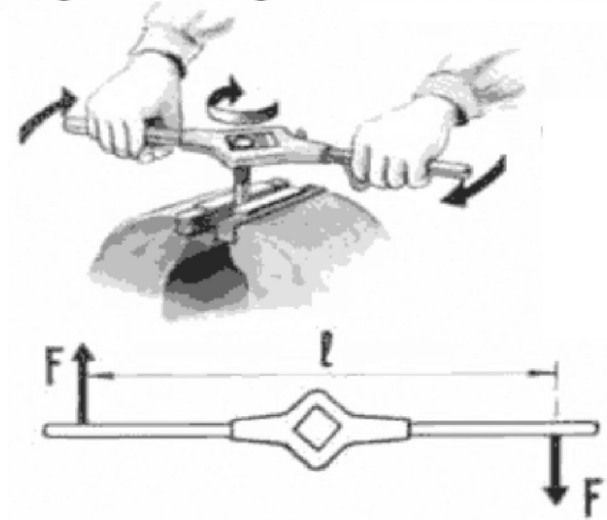
## МОМЕНТ СИЛЫ



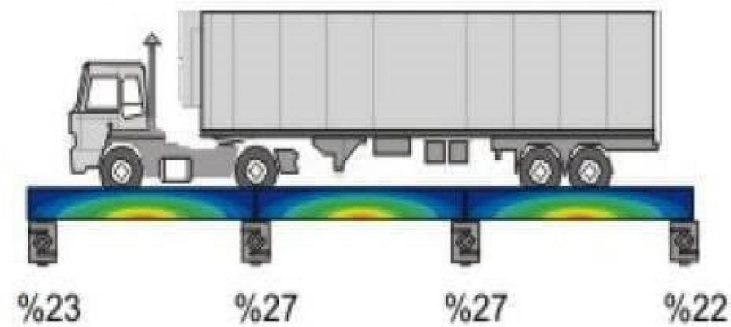
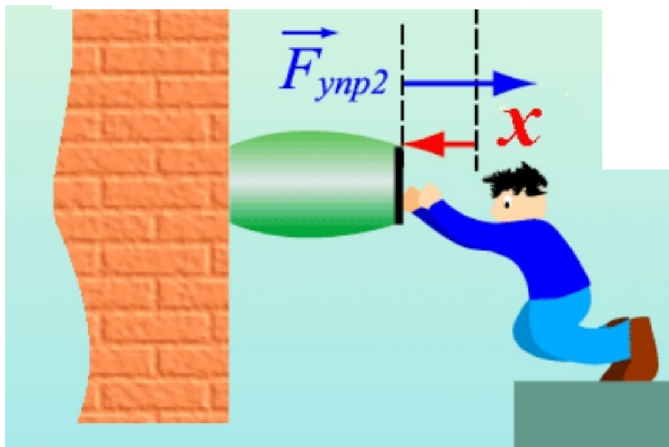
СИЛА

## МОМЕНТ ПАРЫ СИЛ

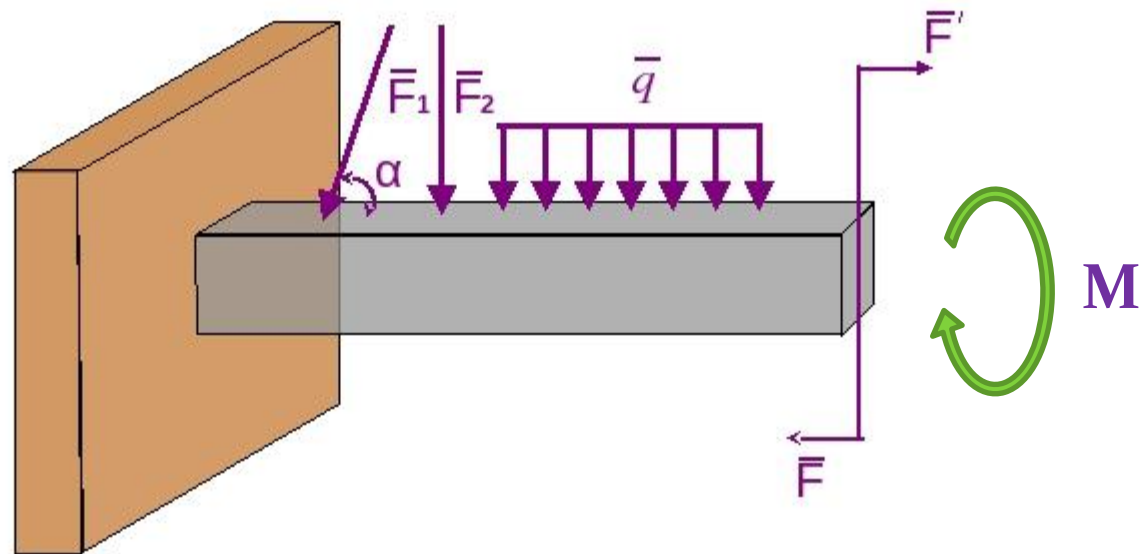
Нарезание резьбы плашкой



РАСПРЕДЕЛЁННАЯ НАГРУЗКА



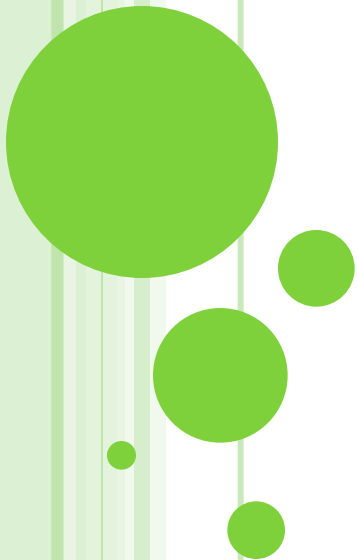
Равномерное распределение нагрузки на весах НЕколейного типа



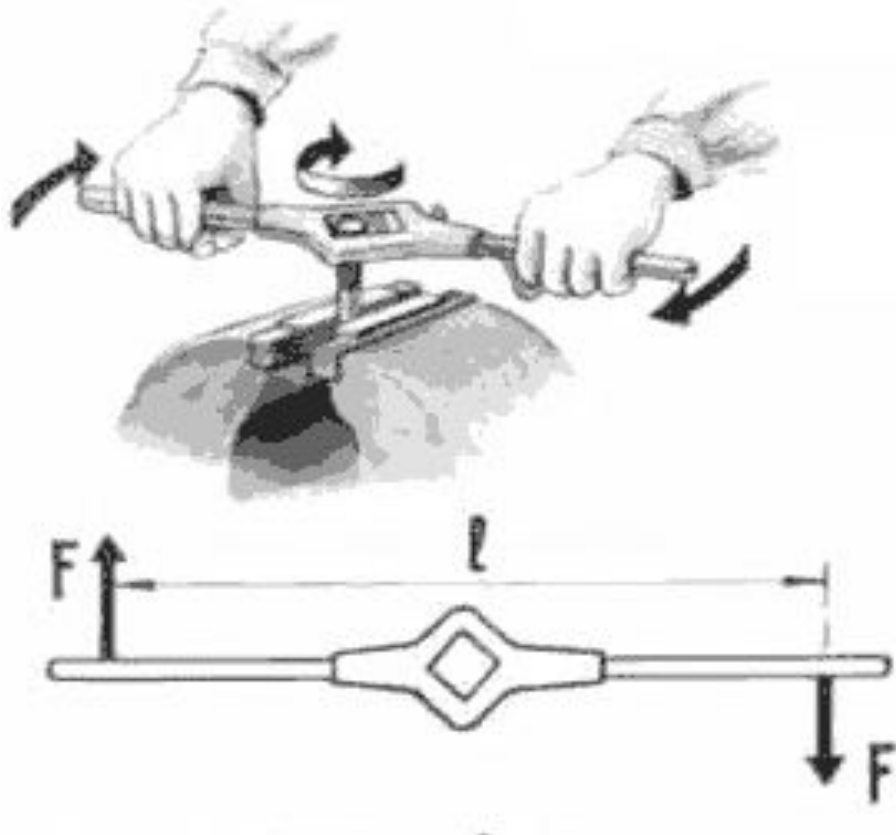
Если передача нагрузки происходит на пренебрежимо малой площадке (в точке), нагрузку называют *сосредоточенной*.

Часто нагрузка распределена по значительной площадке или линии (давление воды на плотину, давление снега на крышу и т.п.), тогда нагрузку считают *равномерно-распределенной*.

# ПАРА СИЛ И МОМЕНТ СИЛЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ



**1. ПАРА СИЛ** – ЭТО СИСТЕМА ДВУХ, РАВНЫХ ПО МОДУЛЮ, ПРОТИВОПОЛОЖНЫХ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СИЛ.



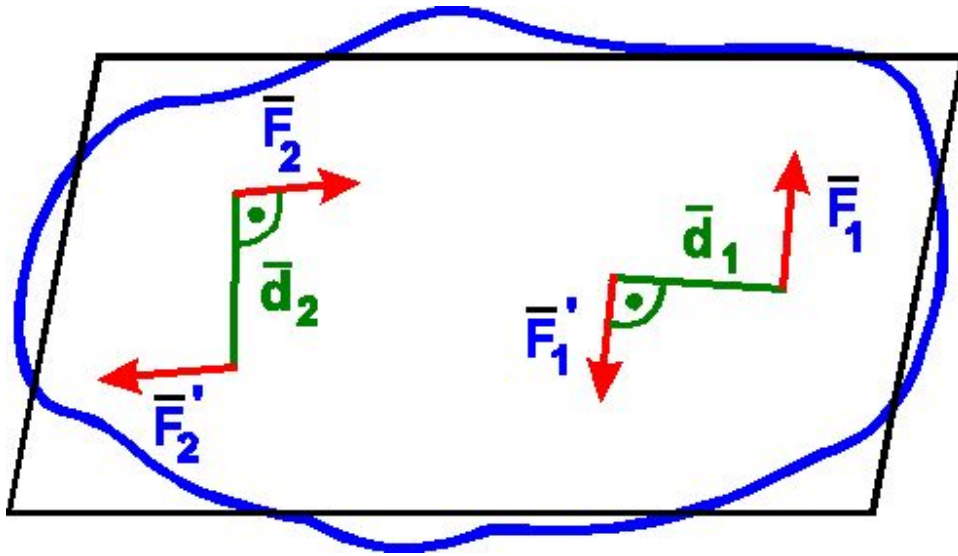
□ Эффект действия пары – вращение.

□ Вращение характеризуется моментом.





**МОМЕНТ ПАРЫ-ЭТО ПРОИЗВЕДЕНИЕ МОДУЛЯ  
ОДНОЙ ИЗ СИЛ ПАРЫ НА ПЛЕЧО ПАРЫ.**



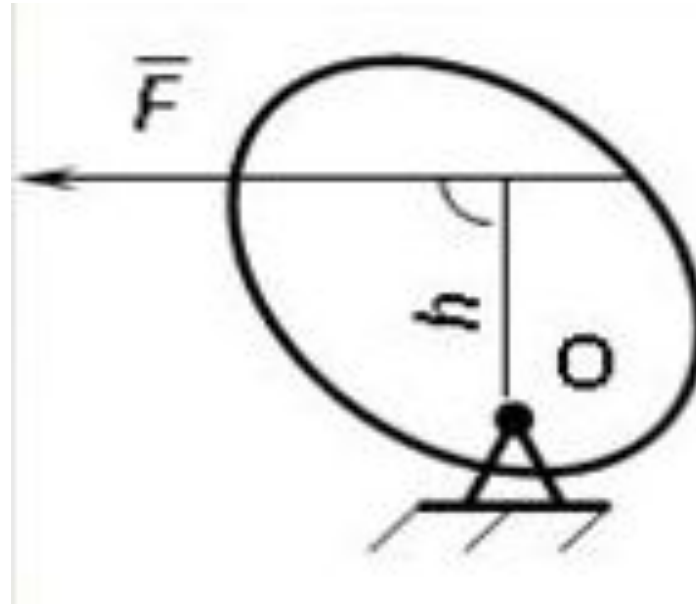
$$M(F_1; F_2) = \pm F \cdot d$$

$$[M] = \text{Н} \cdot \text{м}$$

«+» при вращении против часовой стрелки

«-» при вращении по часовой стрелке

# *ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ СИЛЫ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ МОМЕНТОМ.*

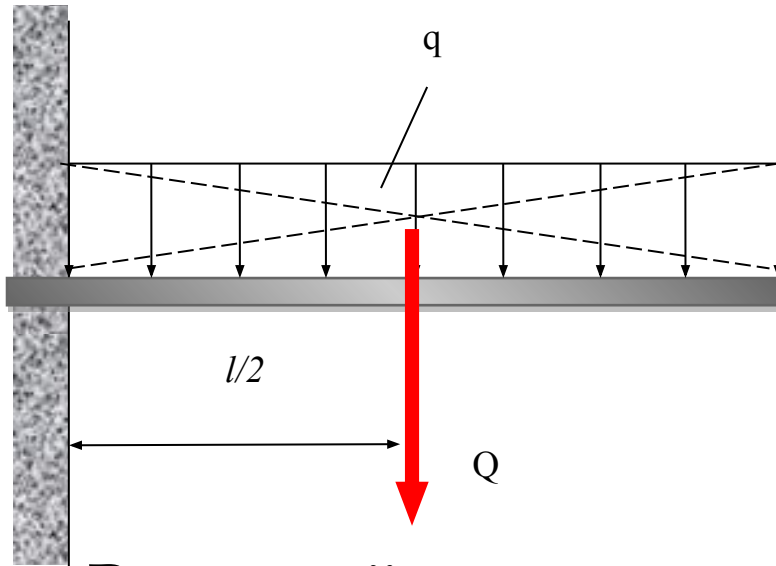


- Момент силы относительно точки - это произведение модуля силы на её плечо.*

$$M(F) = \pm F \cdot h \quad (\text{Н} \cdot \text{м})$$



# РАСПРЕДЕЛЕННАЯ НАГРУЗКА



Равнодействующая  
распределенной  
нагрузки

$$Q = q \cdot l$$

$q$  — интенсивность  
нагрузки, кН/м;

$l$  — длина стержня, м

***$Q$  прикладывается в  
центре нагрузки и  
направлена в сторону  
показанных линий  
интенсивности***



# ТЕОРЕМА ВАРИНЬОНА



# Пьер Вариньон

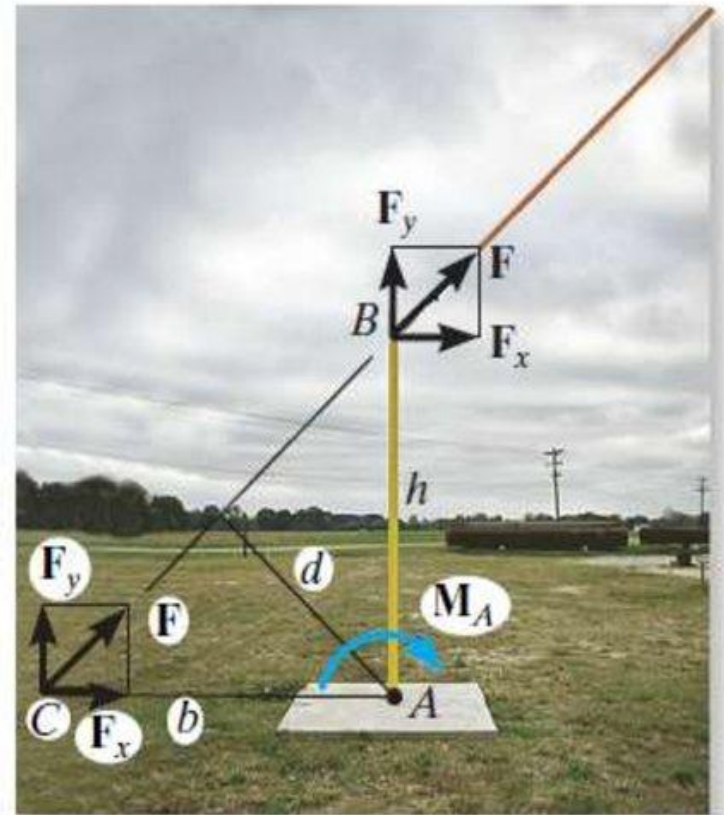


**Пьер Вариньон** (1654 — 22.12.1722), французский механик и математик, родился в г. Каенне во Франции. Изучал философию и математику.

# Теорема Вариньона

Если система имеет равнодействующую, то ее момент относительно любого центра (или оси) равен сумме моментов всех сил системы относительно того же центра (или оси)

$$M_A(\bar{F}) = M_A(\bar{F}_x) + M_A(\bar{F}_y)$$



Второй вариант применения теоремы Вариньона показан на рис. 6:

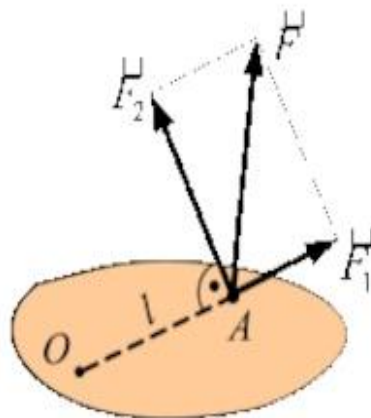


Рис. 6

$$m_O(\vec{F}) = m_O(\vec{F}_1) + m_O(\vec{F}_2) = m_O(\vec{F}_2) = F_2 l.$$



**УСЛОВИЯ  
(УРАВНЕНИЯ)  
РАВНОВЕСИЯ  
ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ  
СИЛ**





# УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПЛОСКОЙ СИСТЕМЫ СИЛ

Первая форма уравнений равновесия

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_0^n F_{kx} = 0 \\ \sum_0^n F_{ky} = 0 \\ \sum_0^n m_A(F_k) = 0 \end{array} \right.$$

Вторая форма уравнений равновесия

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_0^n F_{ky} = 0 \\ \sum_0^n m_A(F_k) = 0 \\ \sum_0^n m_B(F_k) = 0 \end{array} \right.$$

Третья форма уравнений равновесия

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_0^n m_A(F_k) = 0 \\ \sum_0^n m_B(F_k) = 0 \\ \sum_0^n m_C(F_k) = 0 \end{array} \right.$$



## УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ:

- «Для равновесия плоской произвольной системы сил, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех заданных сил на оси  $x$  и  $y$  равнялись нулю, а так же сумма моментов всех сил относительно **любой точки плоскости** тоже равнялась нулю.»
- ! Рациональнее для составления уравнения моментов лучше брать точку, в которой сходятся большее количество **неизвестных сил**

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0$$

$$\sum M_0(\overset{\nabla}{F}_i) = 0$$



# ПЛАН РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ



# **ПОРЯДОК РАСЧЕТА ПЛОСКОЙ ПРОИЗВОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СИЛ:**

- 1) Изобразить тело, обозначив внешние (активные) силы, распределенные нагрузки заменить сосредоточенными силами.**
- 2) Выяснить виды связей, обозначить на рисунке реакции.**
- 3) Записать условия равновесия и составить уравнения равновесия.**
- 4) Найти неизвестные реакции, решив уравнения.**
- 5) Сделать проверку правильности решения.**



# «ПЛОСКАЯ СИСТЕМА СИЛ»



Найти реакции опор заданной конструкции (рис. 1 - 5). На конструкцию действует равномерно распределенная нагрузка интенсивностью  $q = 0,5$  кН/м и пара сил с моментом  $m = 2$  кНм. В точке D к конструкции прикреплена нить, перекинутая через блок, к свободному концу которой подвешен груз E весом  $P = 1,5$  кН. При вычисления считать  $a = 2$  м,  $b = 1,5$  м,  $c = 1$  м,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $\beta = 45^\circ$ .



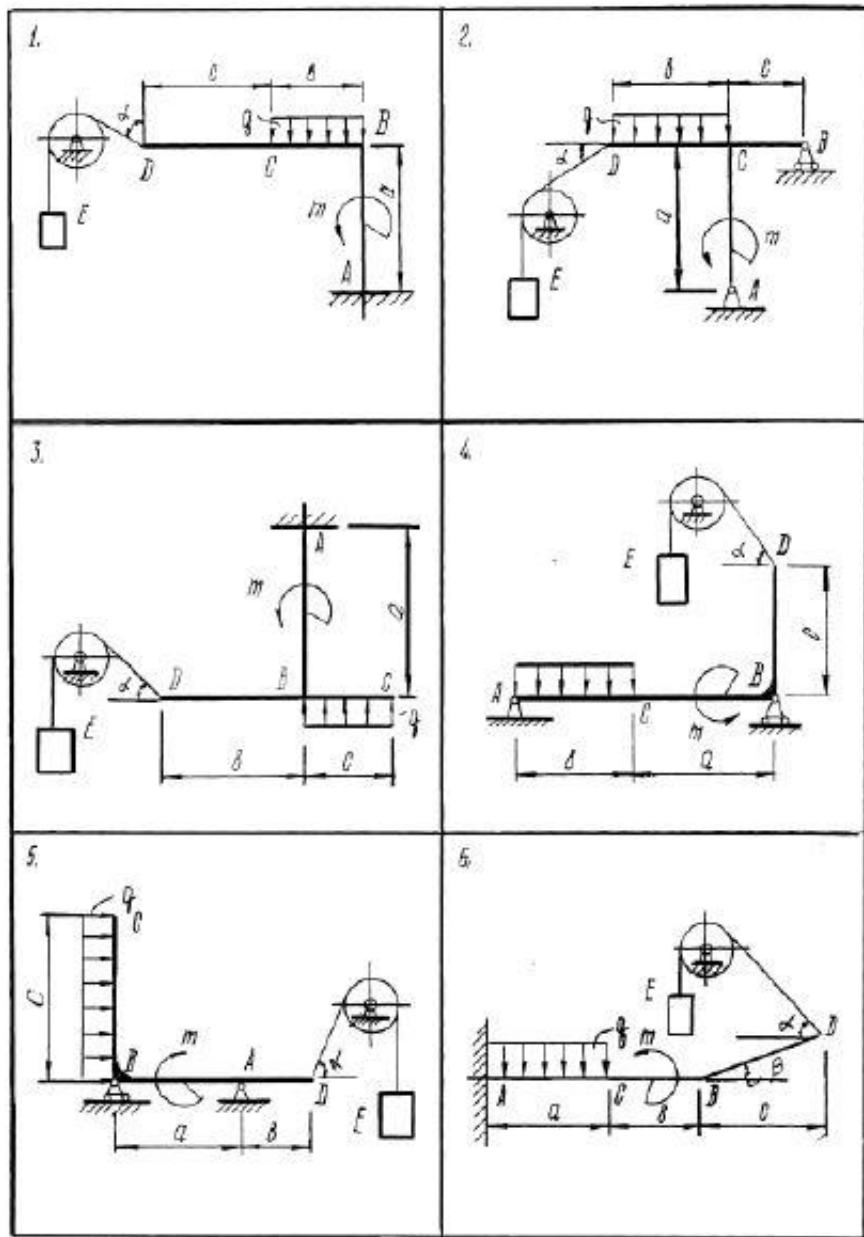


Рис. 1

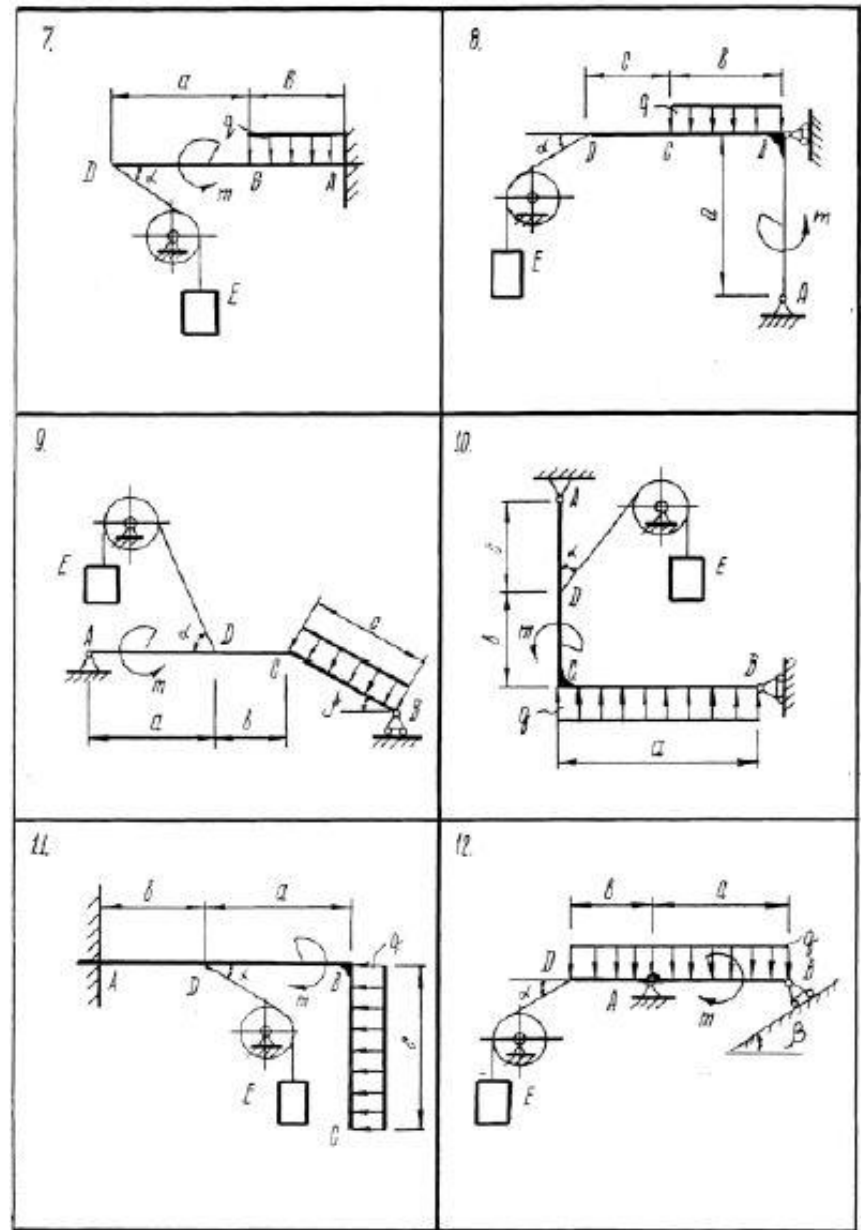


Рис. 2

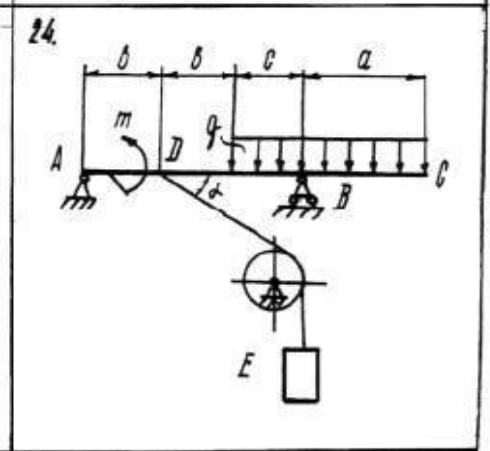
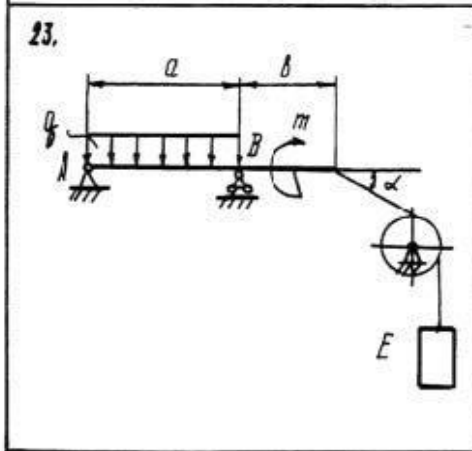
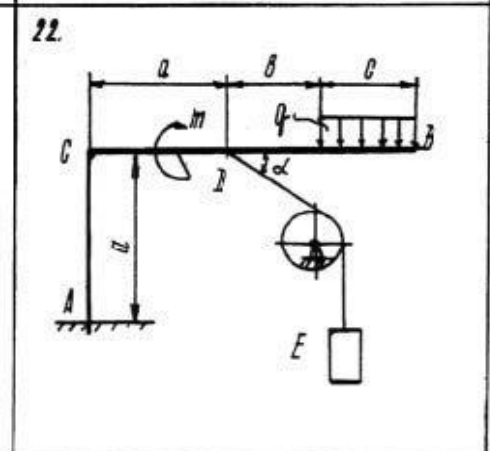
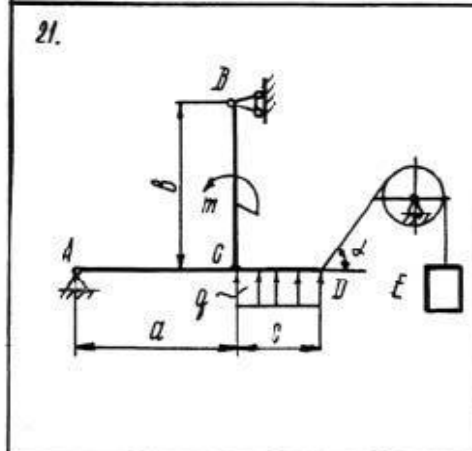
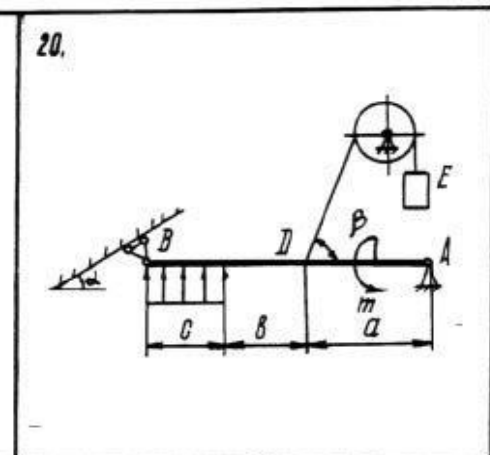
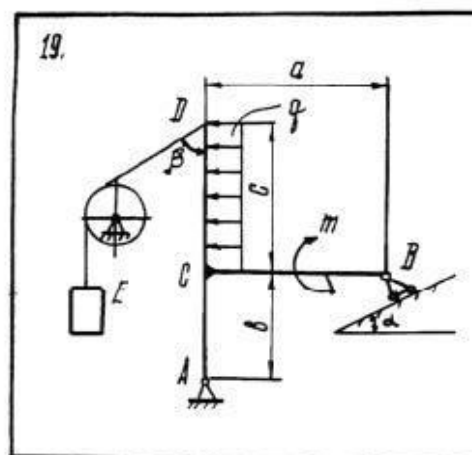
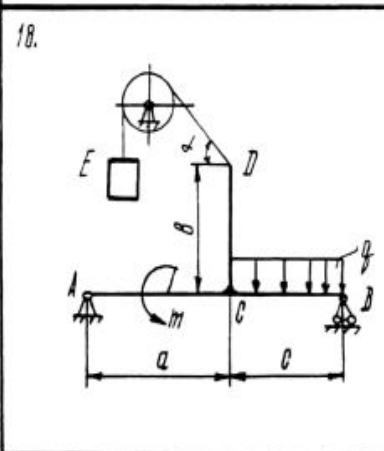
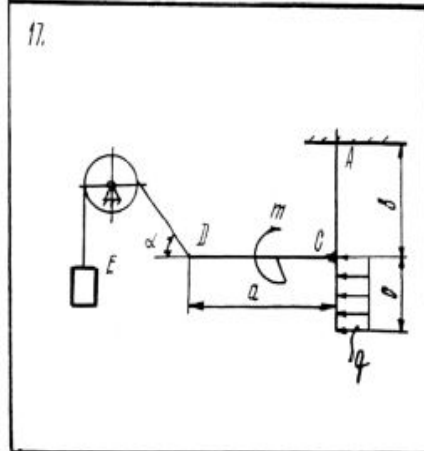
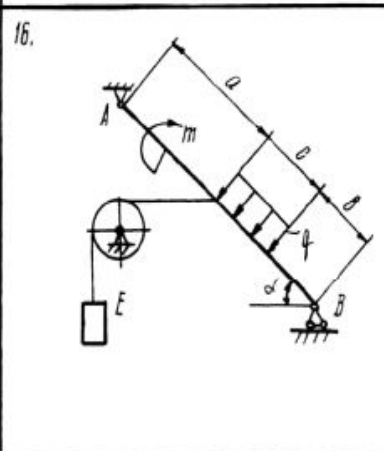
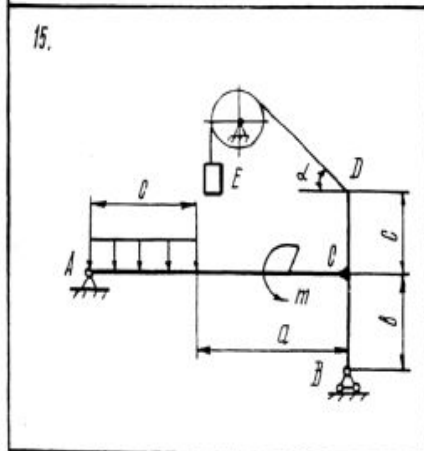
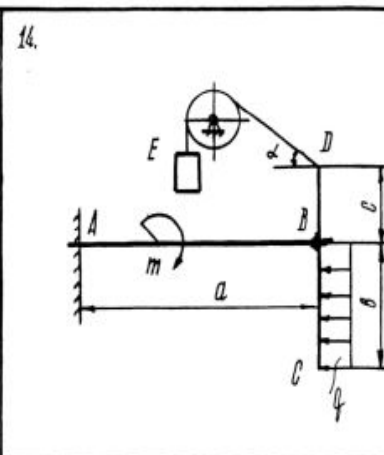
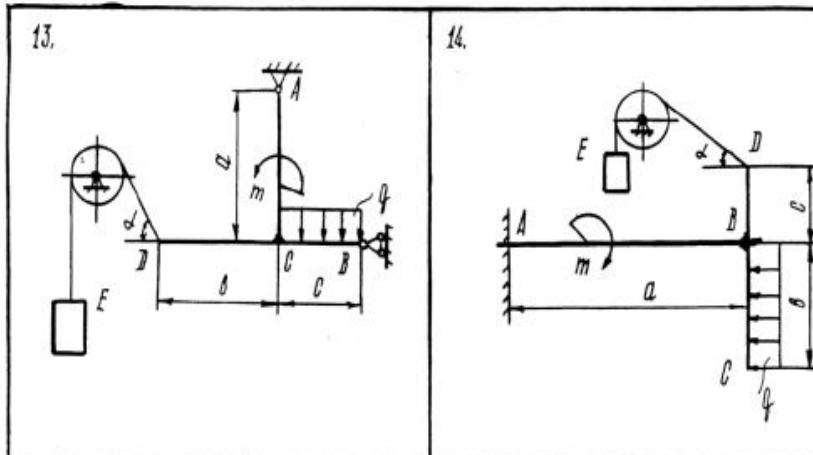


Рис. 3

Рис. 4



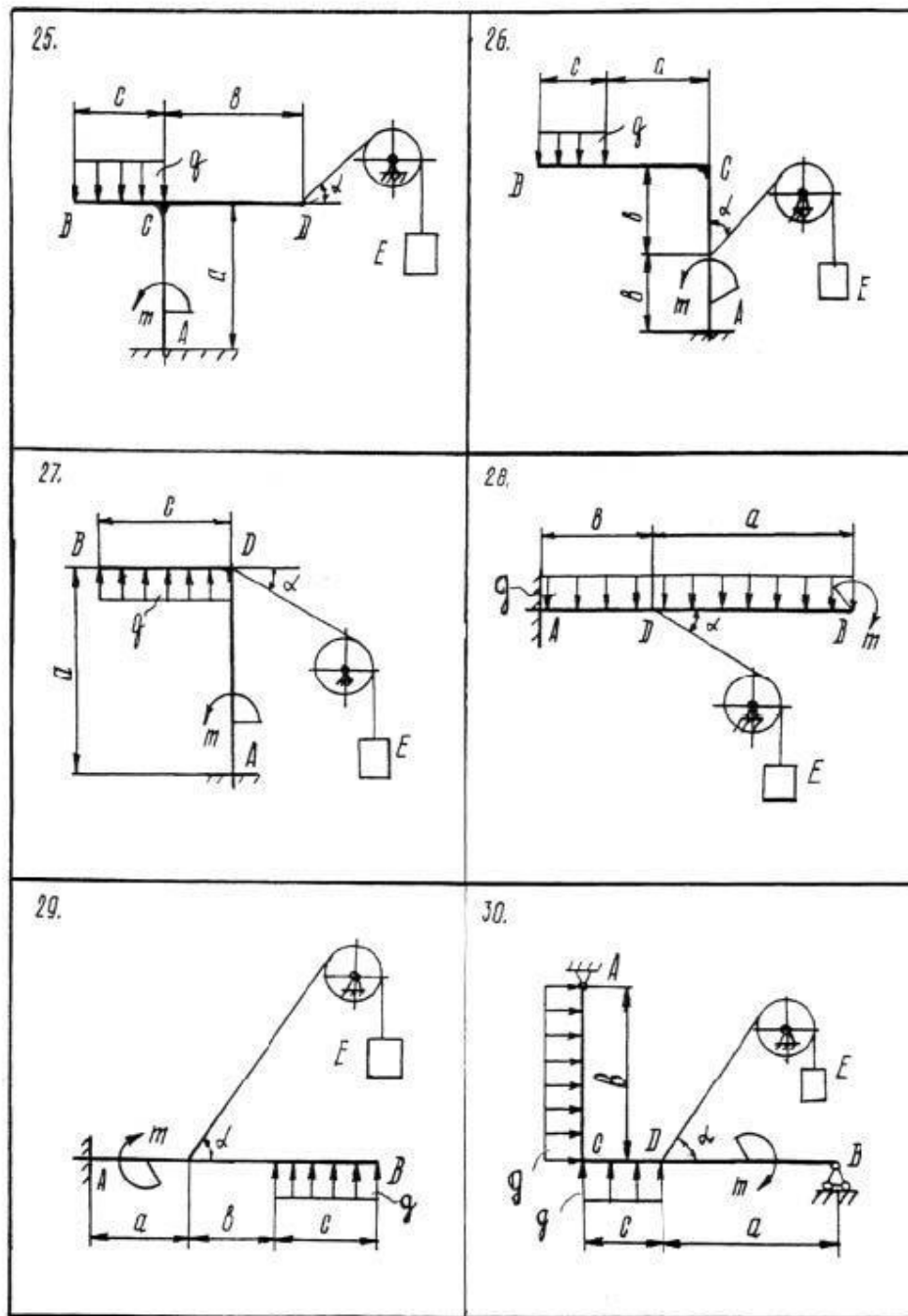
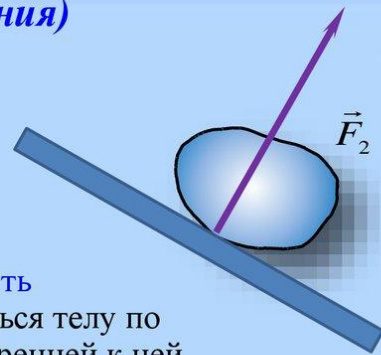


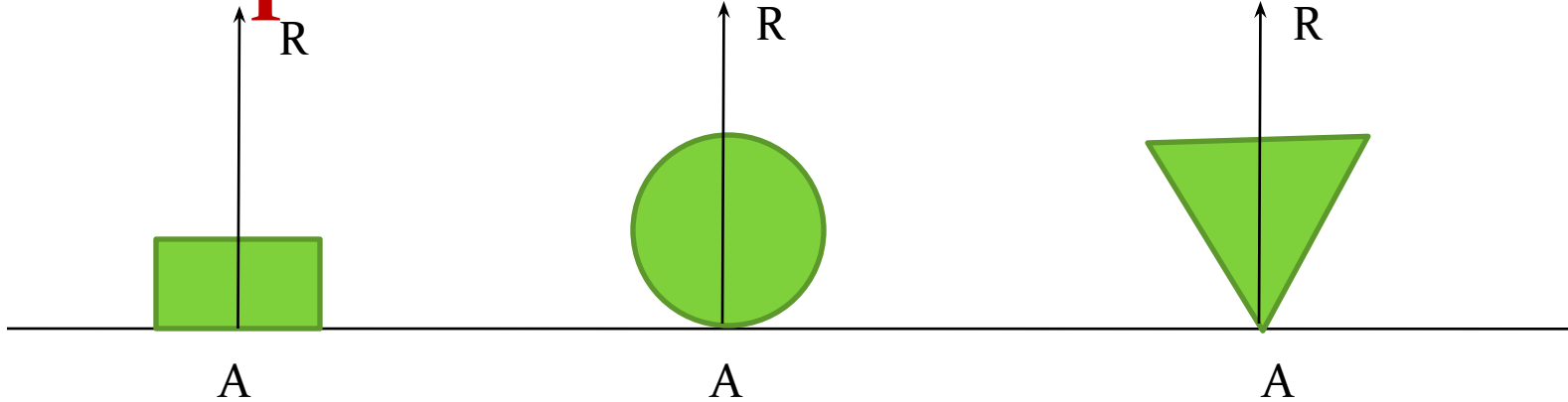
Рис. 5

# Виды связей: Идеально гладкая поверхность

(поверхность без трения)

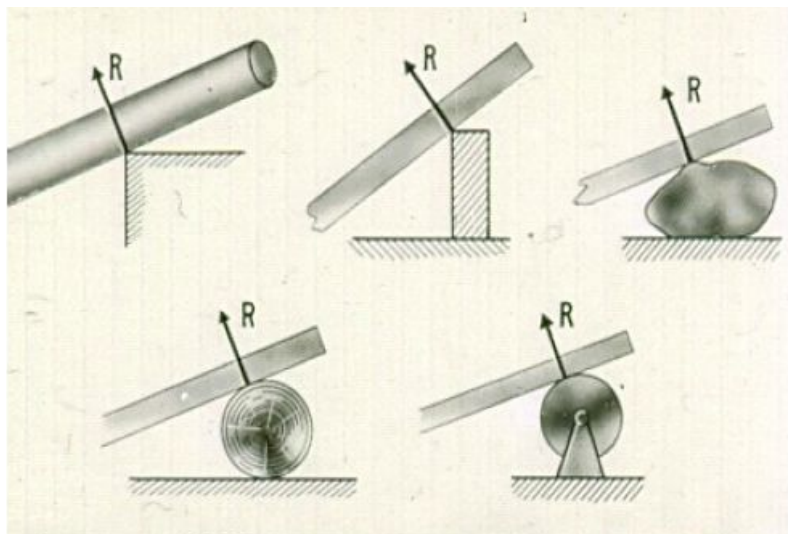
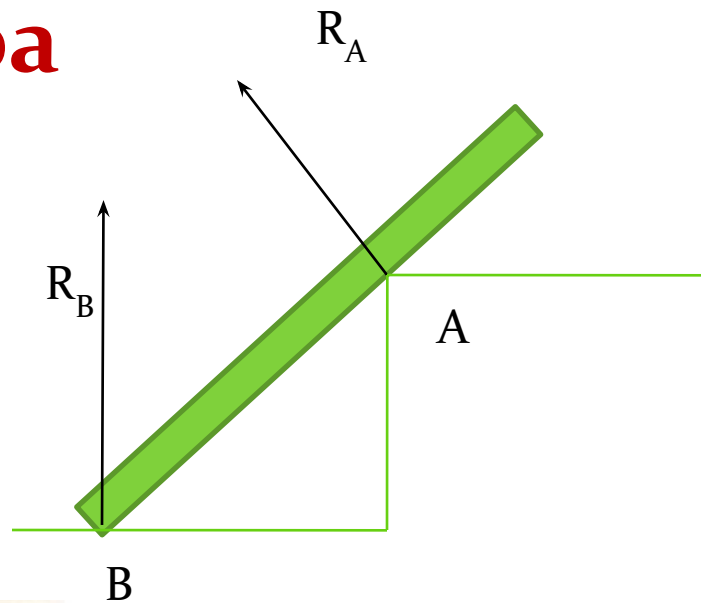


Гладкая поверхность не дает перемещаться телу по направлению внутренней к ней нормали. Следовательно реакция связи направлена по внешней нормали к гладкой поверхности.



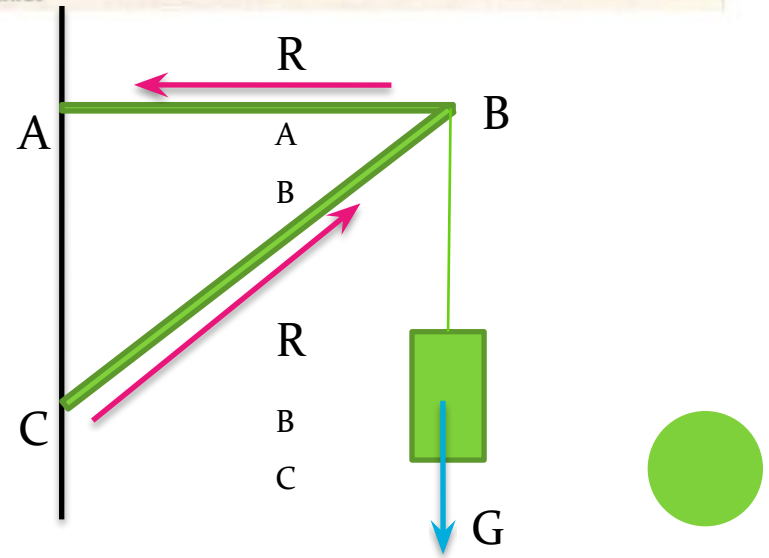
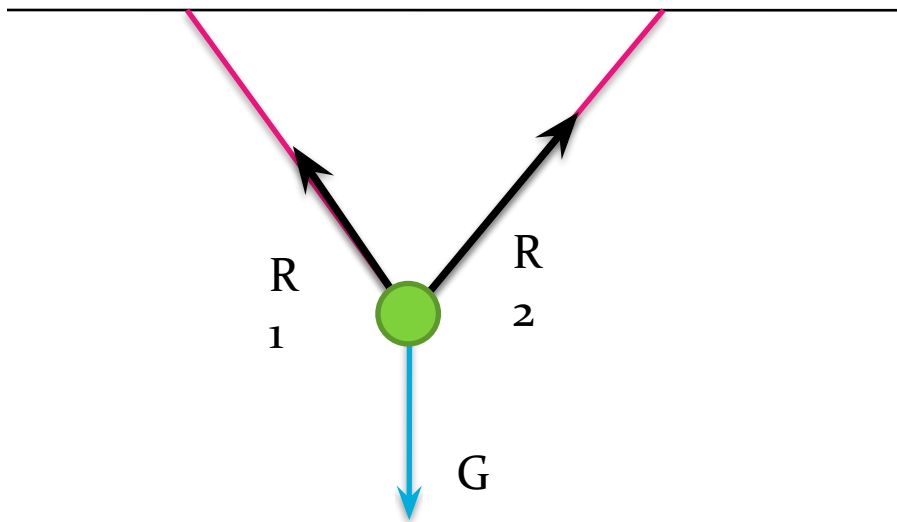
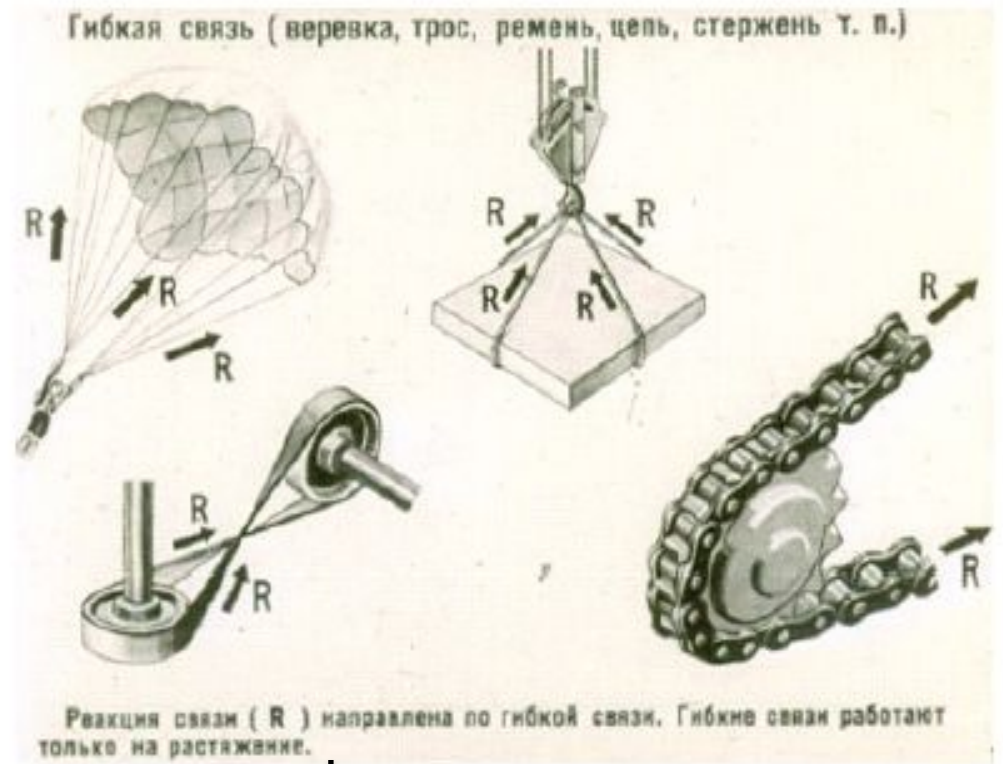
# Виды связей:

## Точечная опора



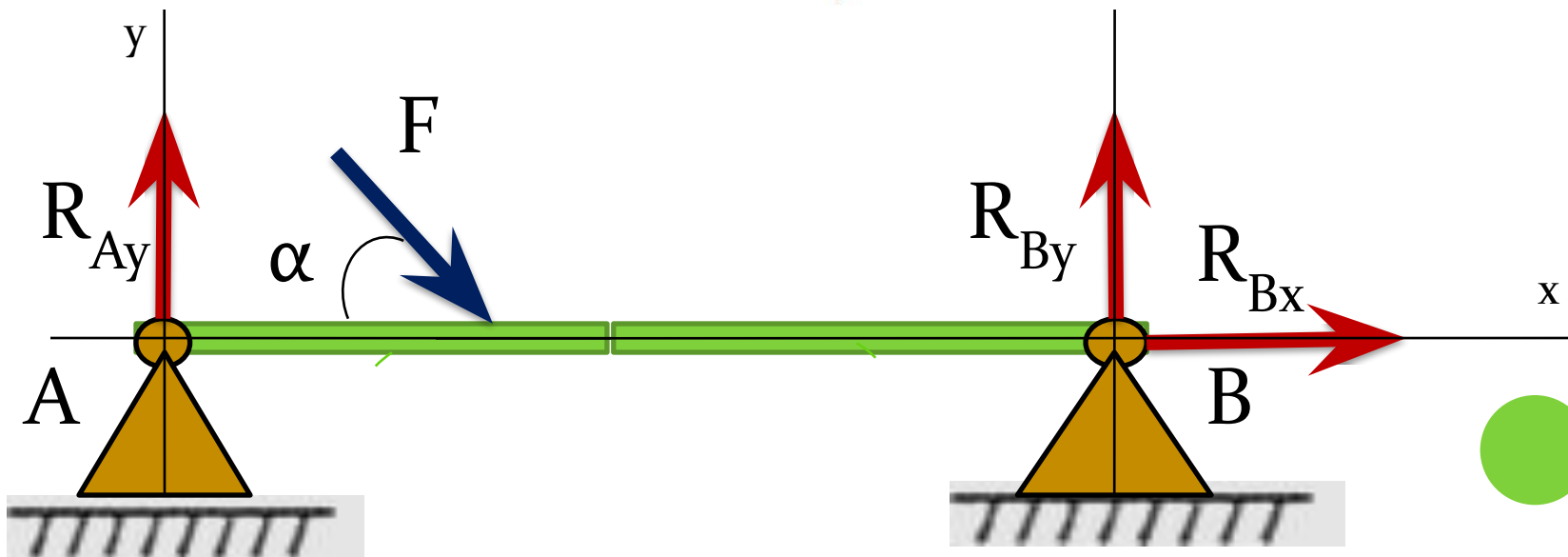
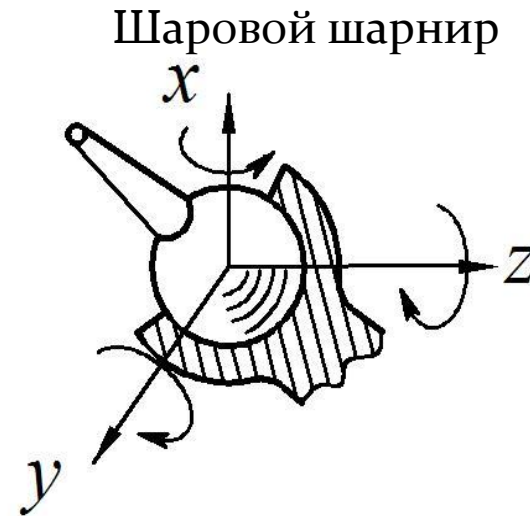
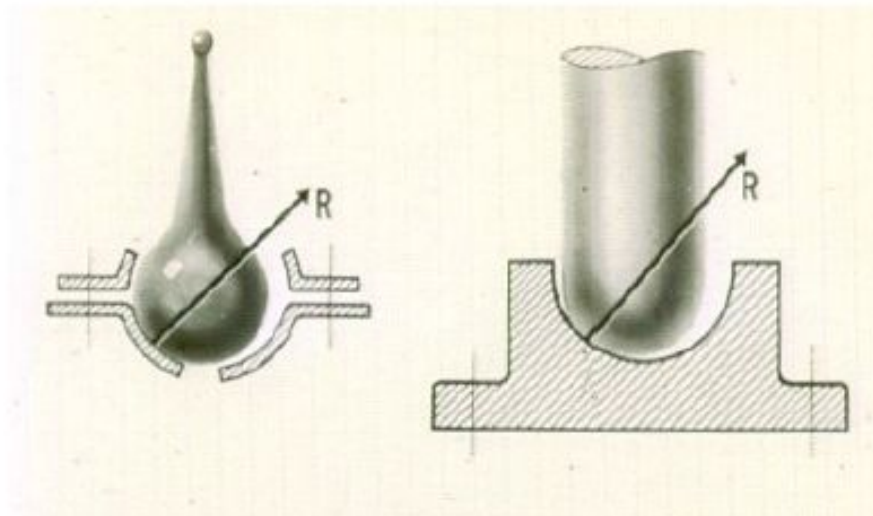
# Виды связей:

- Идеальная (нерастяжимая, гибкая) нить
- Идеальный (несгибаемый) стержень



# ШАРНИРНАЯ ОПОРА

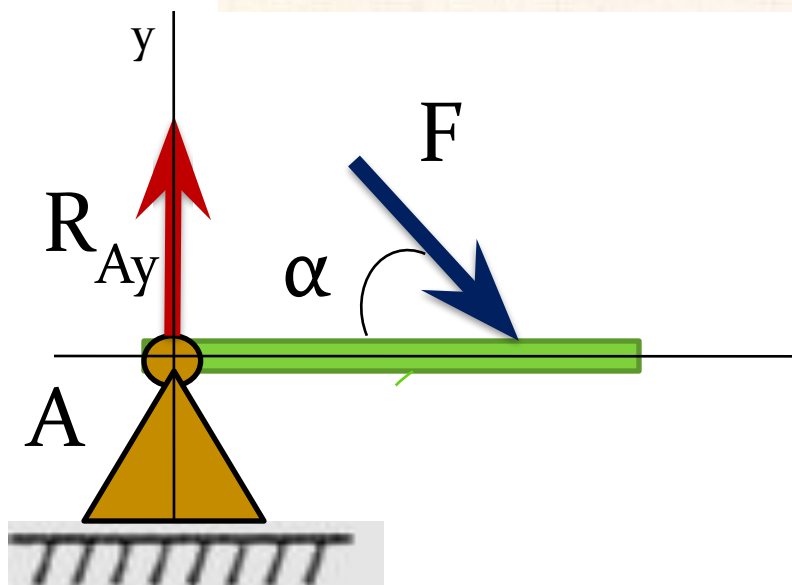
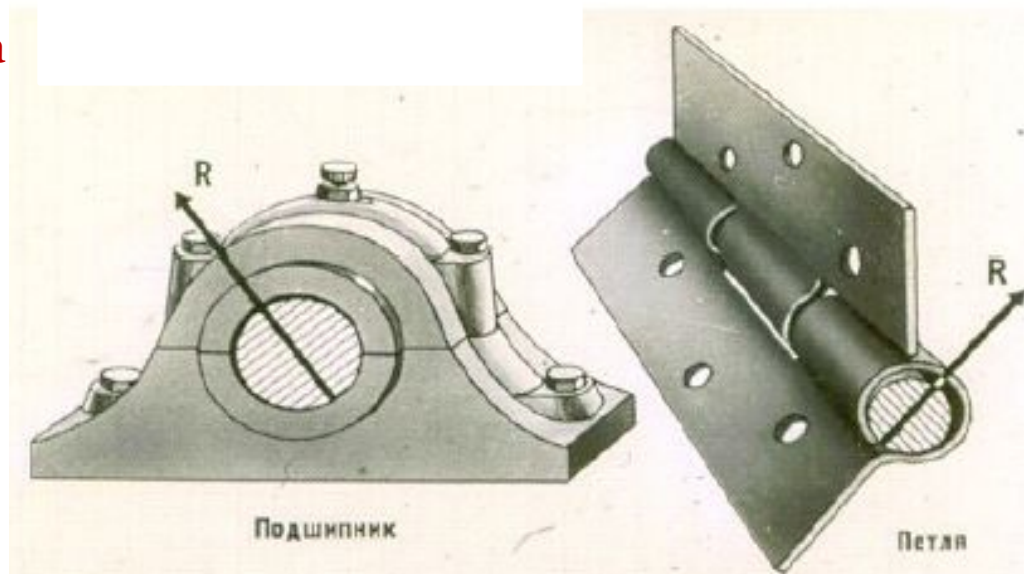
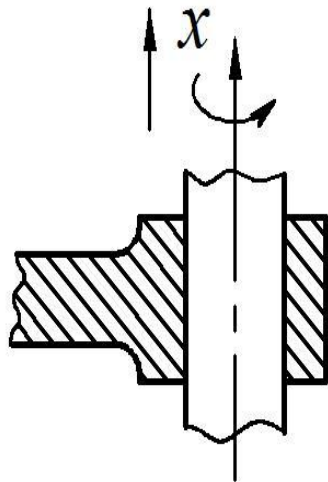
## Шарнирно-неподвижная опора



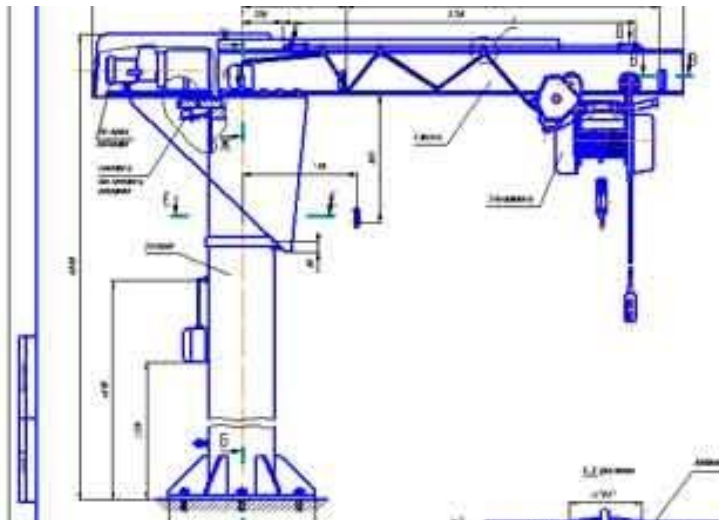
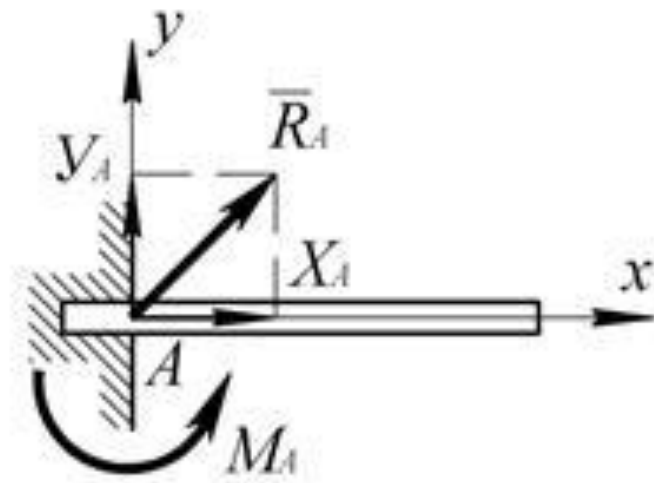
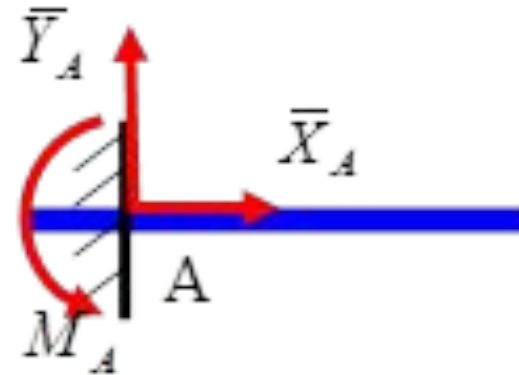
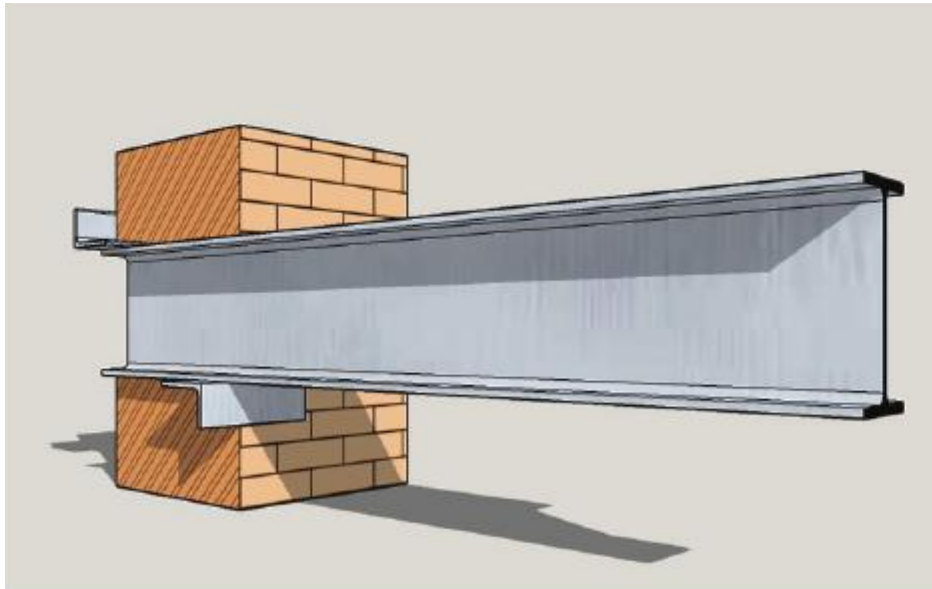
# ШАРНИРНАЯ ОПОРА

## Шарнирно-подвижная опора

Цилиндрический шарнир



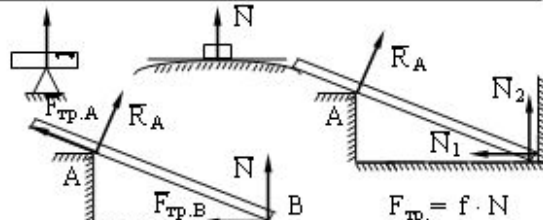
# ЗАЦЕМЛЕНИЕ (ЖЕСТКАЯ ЗАДЕЛКА)



НАИМЕНОВАНИЕ  
СВЯЗИ

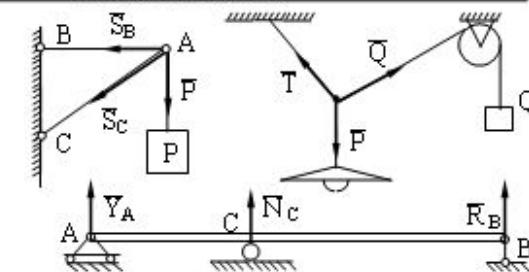
УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ СВЯЗЕЙ  
И РЕАКЦИИ СВЯЗЕЙ

1. ГЛАДКАЯ  
ПОВЕРХНОСТЬ  
(ОСТРИЕ, УСТУП)



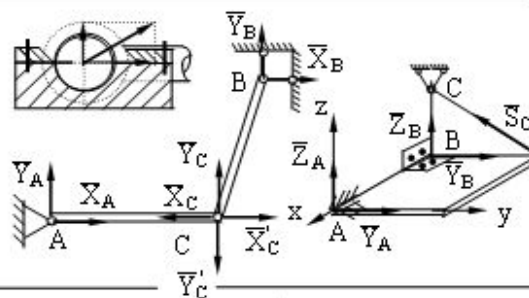
2. НЕГЛАДКАЯ  
ШЕРОХОВАТАЯ  
ПОВЕРХНОСТЬ

3. НЕВЕСОМЫЙ  
СТЕРЖЕНЬ



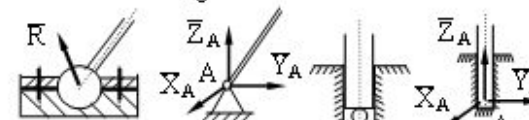
4. ГИБКАЯ НИТЬ  
(трос, цепь, канат ...)

5. ШАРНИРНО-  
ПОДВИЖНАЯ ОПОРА



6. ШАРНИРНО - НЕ-  
ПОДВИЖНАЯ ОПОРА  
(цилиндрический  
шарнир)  
В ЗАДАЧАХ  
НА ПСС и ППСС

7. ШАРОВОЙ  
(СФЕРИЧЕСКИЙ)  
ШАРНИР



8. ПОДПЯТНИК

9. ЗАЩЕМЛЯЮЩАЯ  
ОПОРА  
(ЖЕСТКАЯ ЗАДЕЛКА)  
В ПЛОСКОСТИ  
И В ПРОСТРАНСТВЕ

