

**МЕХАНИКА  
ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И  
МАШИН  
ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ  
СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ПО  
Л.В.АССУРА**

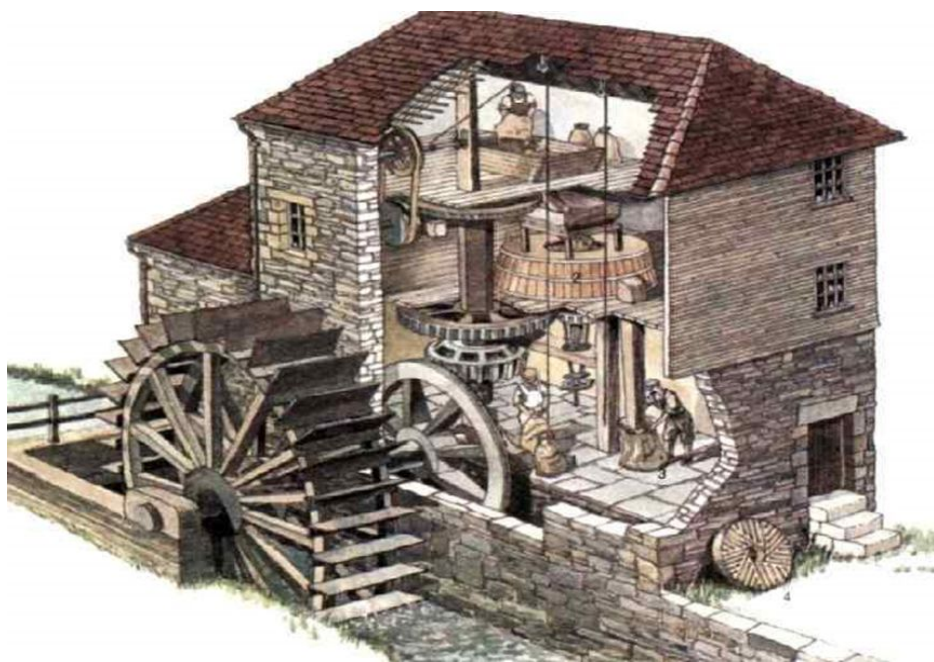
**Лектор:**

**Бердюгина Ольга Владимировна**

**2020год**

**ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН** - ЭТО НАУКА О  
СТРОЕНИИ, КИНЕМАТИКЕ, ДИНАМИКЕ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН ПРИ ИХ  
АНАЛИЗЕ И СИНТЕЗЕ.

В ТММ ИЗУЧАЮТСЯ ОБЩИЕ ЗАКОНЫ РАСЧЁТА МЕХАНИЗМОВ



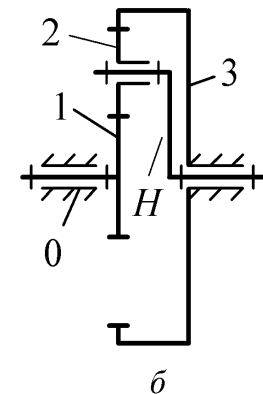
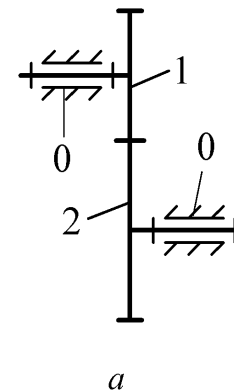
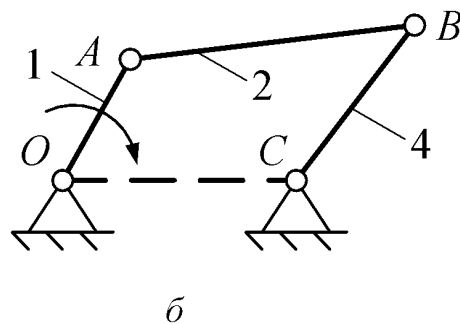
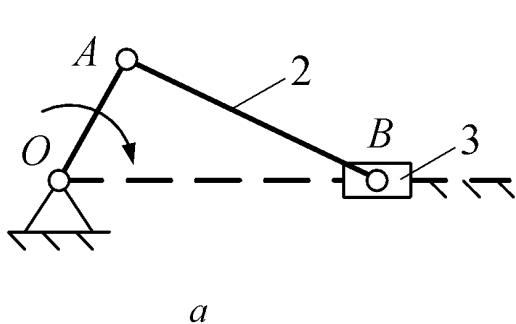
# ОСОБЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ

В отличие от **специальных дисциплин**, в которых изучаются реальные машины и механизмы, в ТММ рассматриваются типовые модели механизмов, а также методы анализа и синтеза *типовых* механизмов, пригодные для анализа любой машины, независимо от их технического назначения.



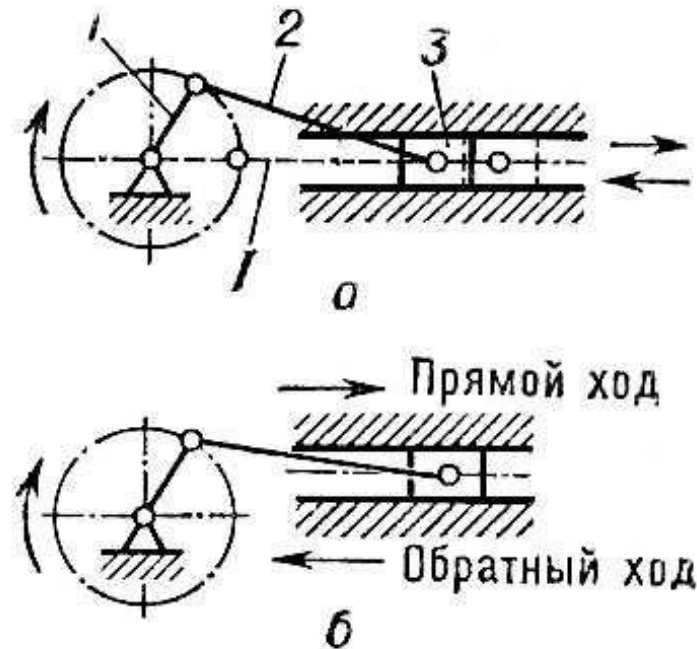
# ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ

**Типовыми** механизмами называются простые механизмы, имеющие при различном функциональном назначении широкое применение в машинах, для которых разработаны типовые методы и алгоритмы синтеза и анализа: рычажные, зубчатые, планетарные, кулачковые, манипуляционные механизмы и т.д.



# Рассмотрим в качестве примера кривошипно-ползунный механизм

Этот механизм широко применяется в различных машинах: двигателях внутреннего сгорания, поршневых компрессорах и насосах, станках, прессах и т. д. Если сообщить вращение кривошипу 1, то получим компрессор, если подавать давление на поршень 3 получим ДВС.



где,

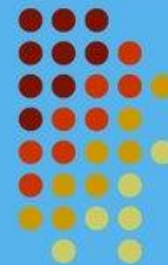
1-кривошип;

2-шатун;

3-ползун

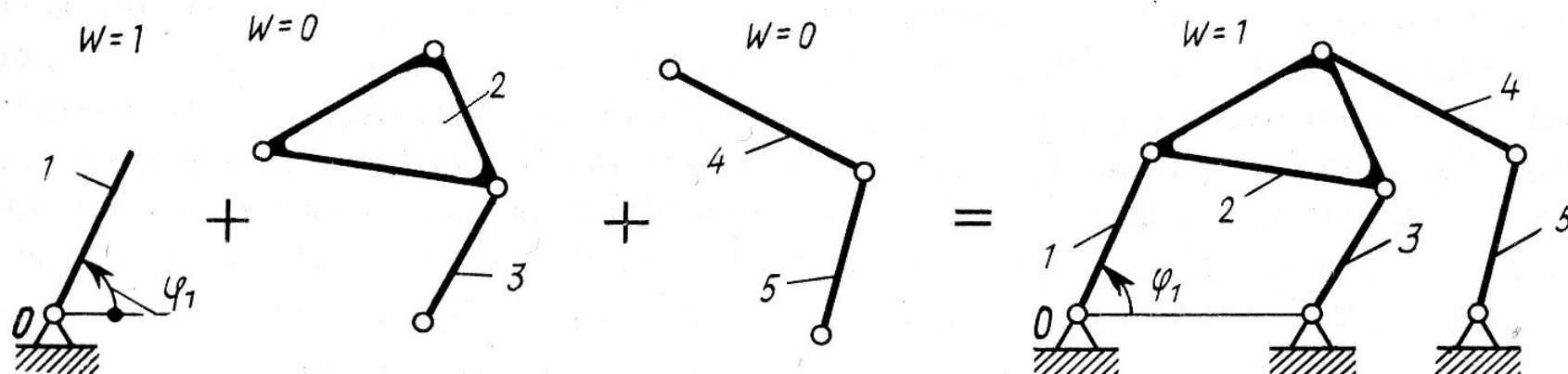


# Основные разделы курса

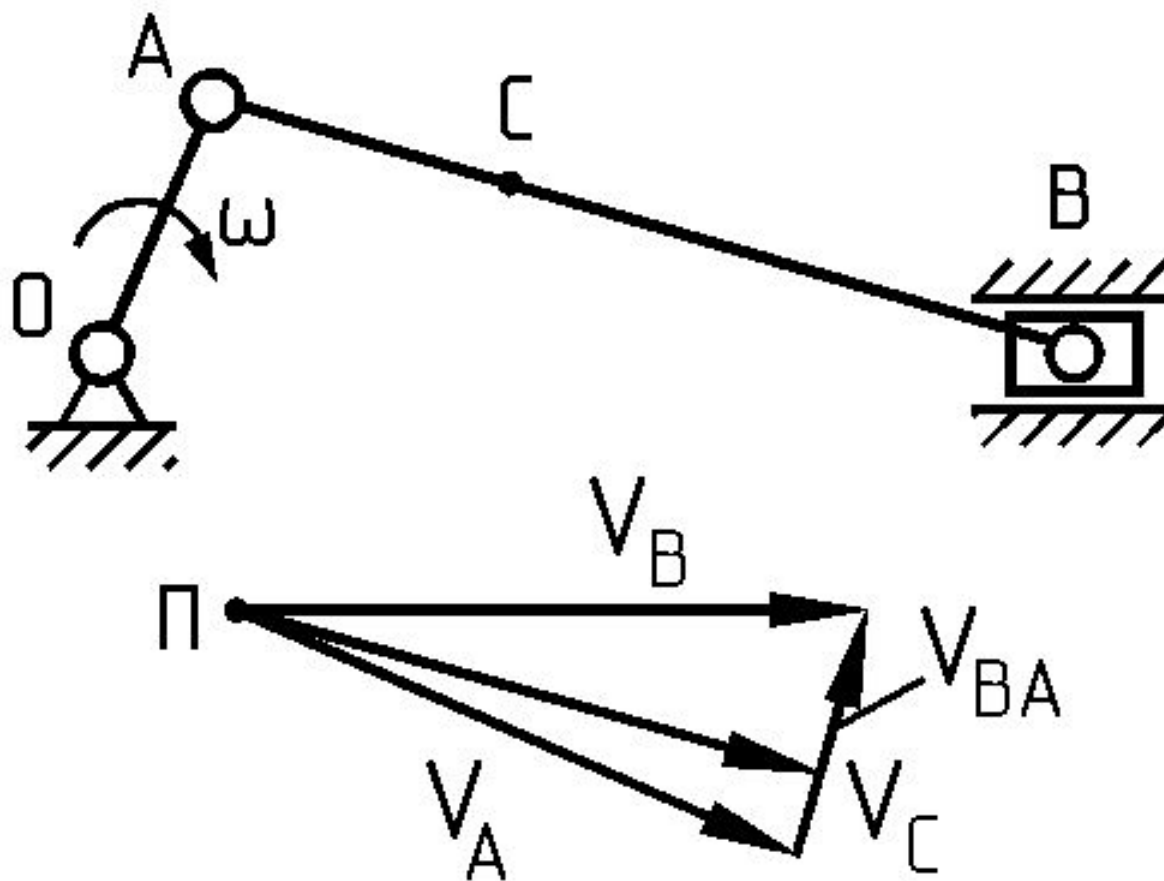


# СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА (СТРОЕНИЕ)

— ИЗУЧАЕТ СПОСОБ ОБРАЗОВАНИЯ МЕХАНИЗМА (СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЧАСТИ МЕХАНИЗМА) И ЕГО СТРУКТУРНУЮ ФОРМУЛУ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЁ ДЛЯ РАСЧЁТА И СОСТАВЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РАСЧЁТОВ.

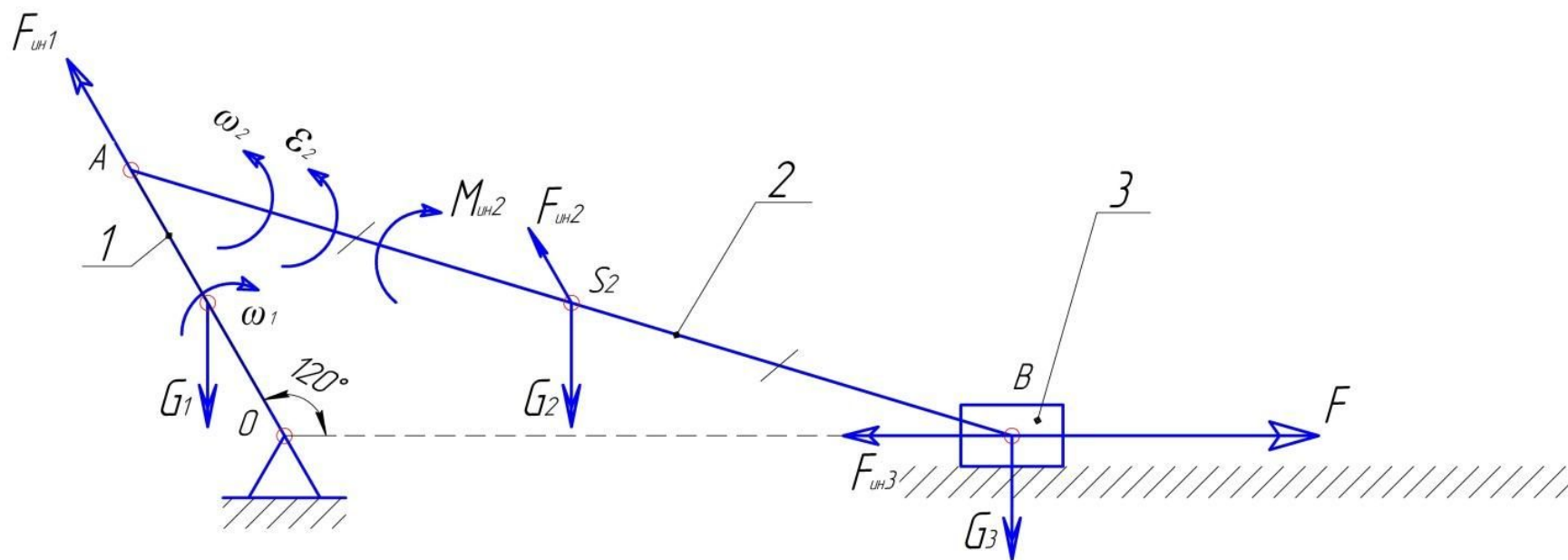


# КИНЕМАТИКА МЕХАНИЗМА — ИЗУЧАЕТ ДВИЖЕНИЕ ЕГО ЗВЕНЬЕВ БЕЗ УЧЕТА СИЛ





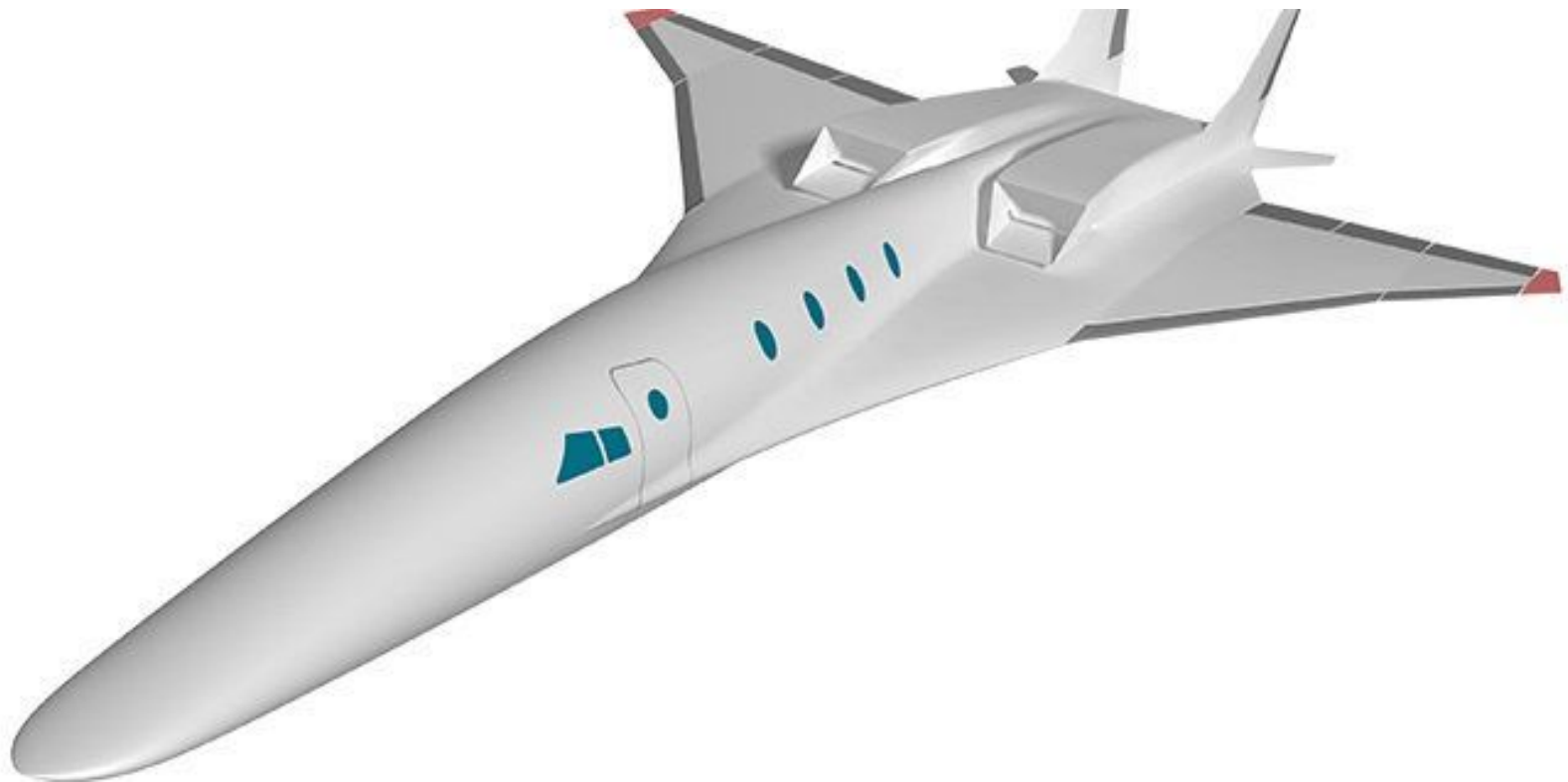
# ДИНАМИКА МЕХАНИЗМА — ИЗУЧАЕТ ДВИЖЕНИЕ ЕГО ЗВЕНЬЕВ С УЧЕТОМ СИЛ, ВЫЗЫВАЮЩИХ ЭТО ДВИЖЕНИЕ



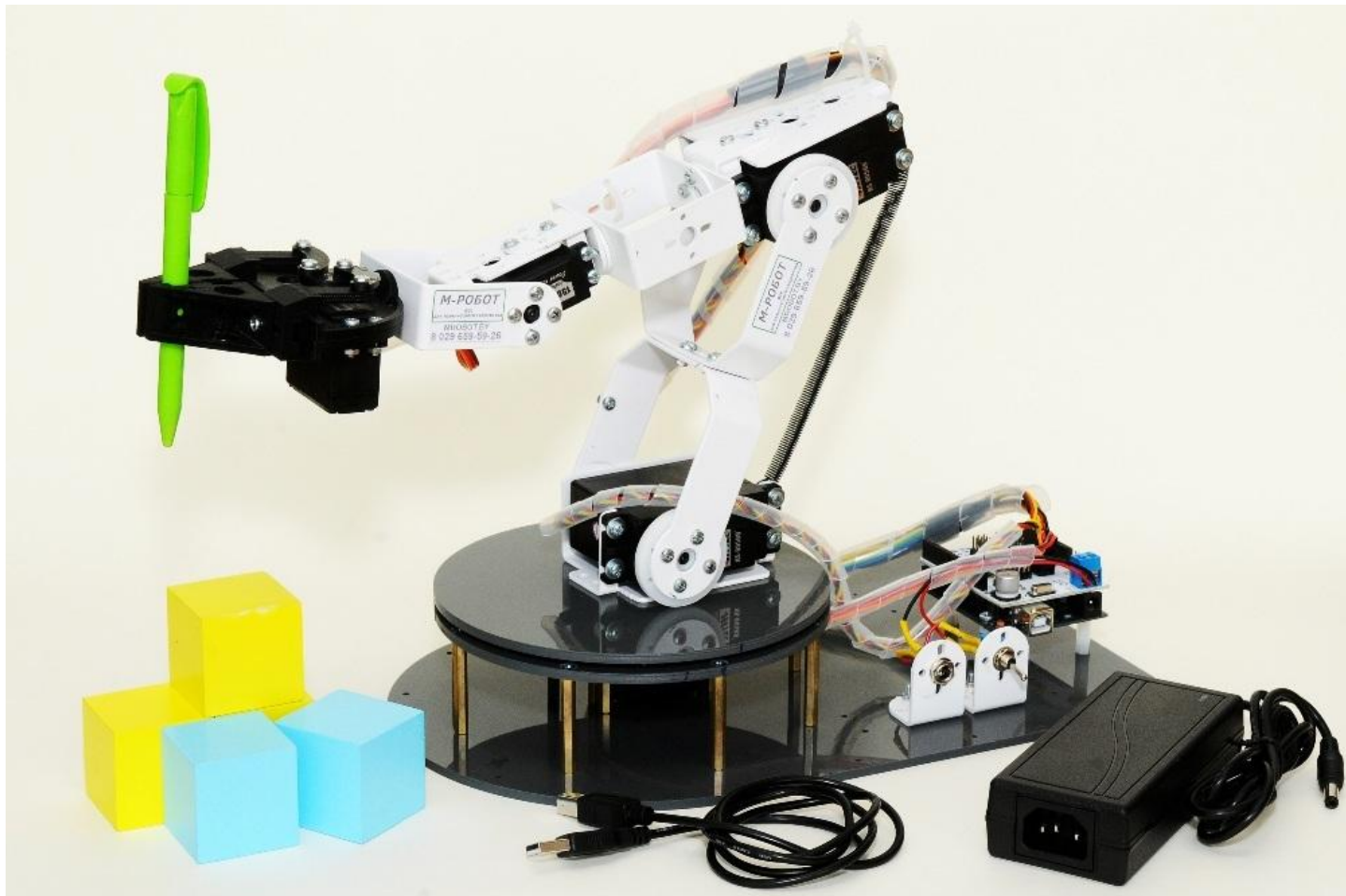
# АНАЛИЗ — ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ (ПАРАМЕТРОВ) ИЗВЕСТНОГО МЕХАНИЗМА



# СИНТЕЗ — СОЗДАНИЕ НОВОГО МЕХАНИЗМА С ЗАДААННЫМИ СВОЙСТВАМИ (ПАРАМЕТРАМИ)

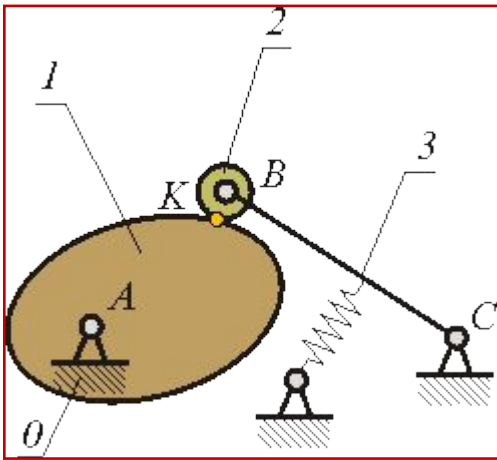


**МАШИНА** - ЭТО УСТРОЙСТВО, КОТОРОЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ, МАТЕРИАЛОВ, ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ТРУДА ЧЕЛОВЕКА



# МАШИНА СОСТОИТ ИЗ МЕХАНИЗМОВ

**Механизм** - это система тел, предназначенных для преобразования одного вида движения в другой вид движения.



# Основные понятия теории механизмов и машин

**Машина** – устройство, предназначенное для преобразования энергии, материалов или информации с целью облегчения или исключения труда человека.

**Механизм** – это система тел, служащая для передачи и преобразования энергии и движения.

**Деталь** – элементарная составная часть механизма, выполненная без применения сборочных операций (например: болт, гайка, вал, станина станка, полученная литьем и т.д.).

**Звено** - это деталь или группа деталей, представляющих с кинематической точки зрения единое целое (т.е. группа деталей, жестко соединенных между собой и движущихся как единое твердое тело).

**Стойка** - неподвижная часть механизма. !Стойка в механизме она – это корпус или основание механизма.

**! Название звена зависит от вида движения звена**

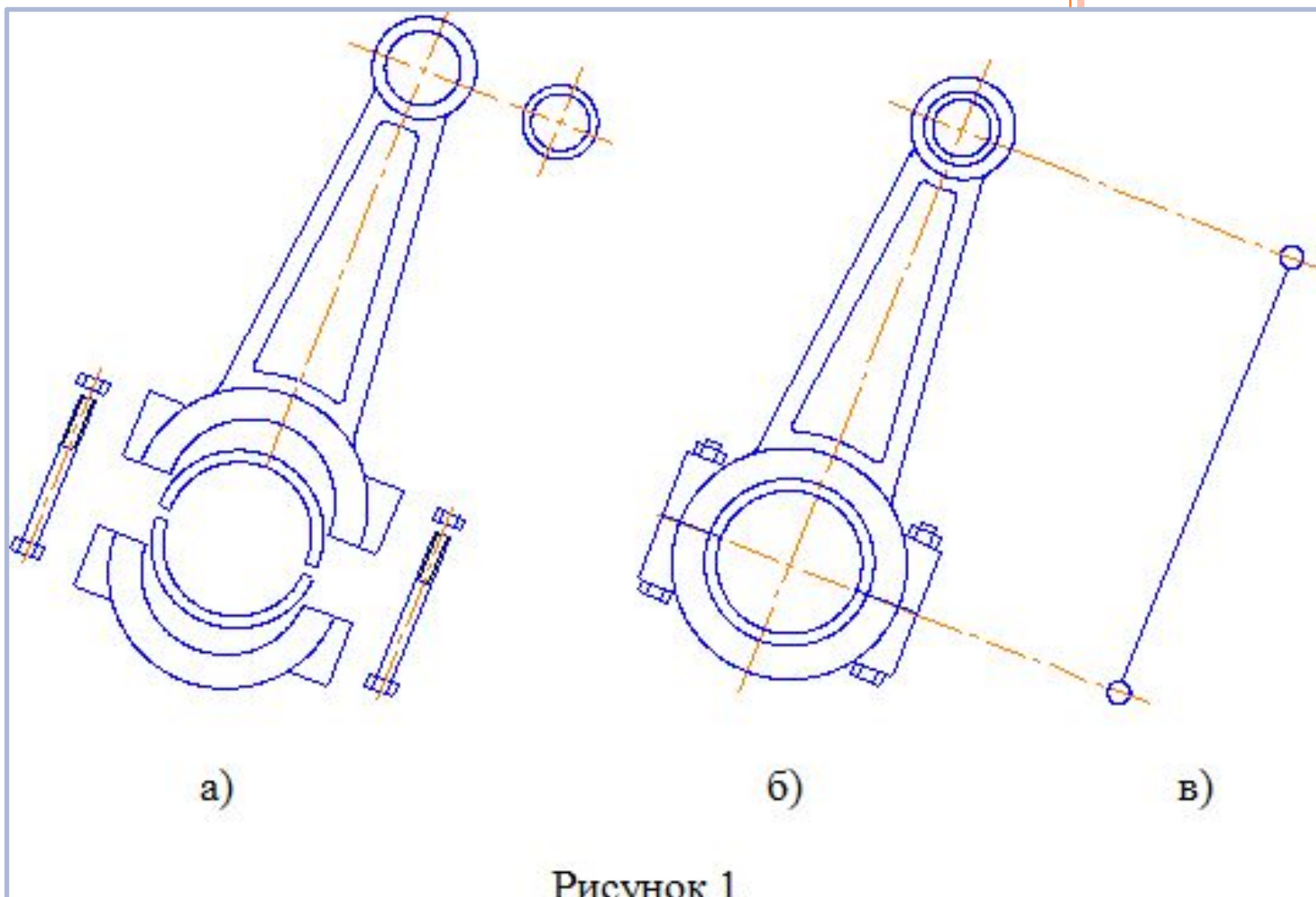


Рисунок 1

**ШАТУН - ОДНО ЗВЕНО , НО СОСТОИТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ДЕТАЛЕЙ**



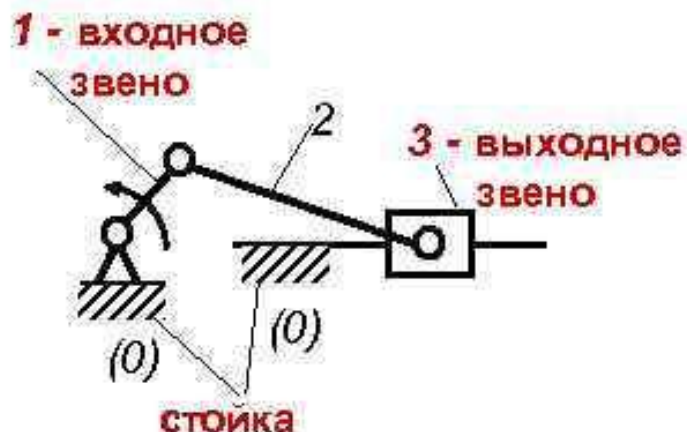
# Звенья механизмов

**Стойка** – неподвижное звено механизма.

**Входное звено** – звено, которому сообщается движение, преобразуемое механизмом в определённые движения других звеньев.

**Выходное звено** – звено, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

Примеры:





# Звенья механизмов

**Кривошип** – звено, образующее вращательную пару со стойкой и способное совершать вокруг неё полный оборот.

**Шатун** – звено не входящее в кинематические пары со стойкой.

**Коромысло** - звено, образующее вращательную пару со стойкой, но не способное совершать вокруг неё полный оборот.

**Ползун** – звено, совершающее поступательное движение относительно стойки.

Примеры:



Механизм собирают из отдельных частей – *деталей*.

**Деталь** – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (ГОСТ 2.101-68).

**Звено** – одна деталь или группа деталей, неподвижно связанных между собой.

**Звенья бывают:**

- жесткие,
- упругие (*рессоры, амортизаторы и пр.*),
- гибкие (*канаты, ремни, цепи, шланги гидросистемы и пр.*).

**Звенья стержневых механизмов:**

**Стойка** – неподвижное или принимаемое за неподвижное (корпус автомобиля) звено механизма.

**Кривошип** – звено, совершающее полный оборот относительно стойки.

**Коромысло** – звено, совершающее неполный оборот относительно стойки.

**Ползун** – звено, совершающее поступательное движение относительно стойки.

**Шатун** – звено, совершающее плоскопараллельное движение.



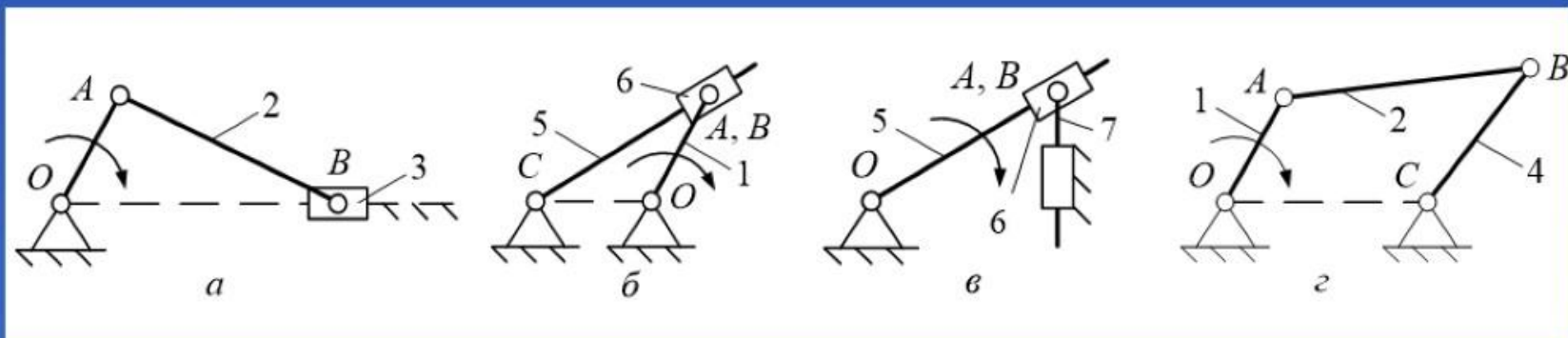
## Лекция № 2. Механизмы и их виды

2) звенья, совершающие поступательные движения:

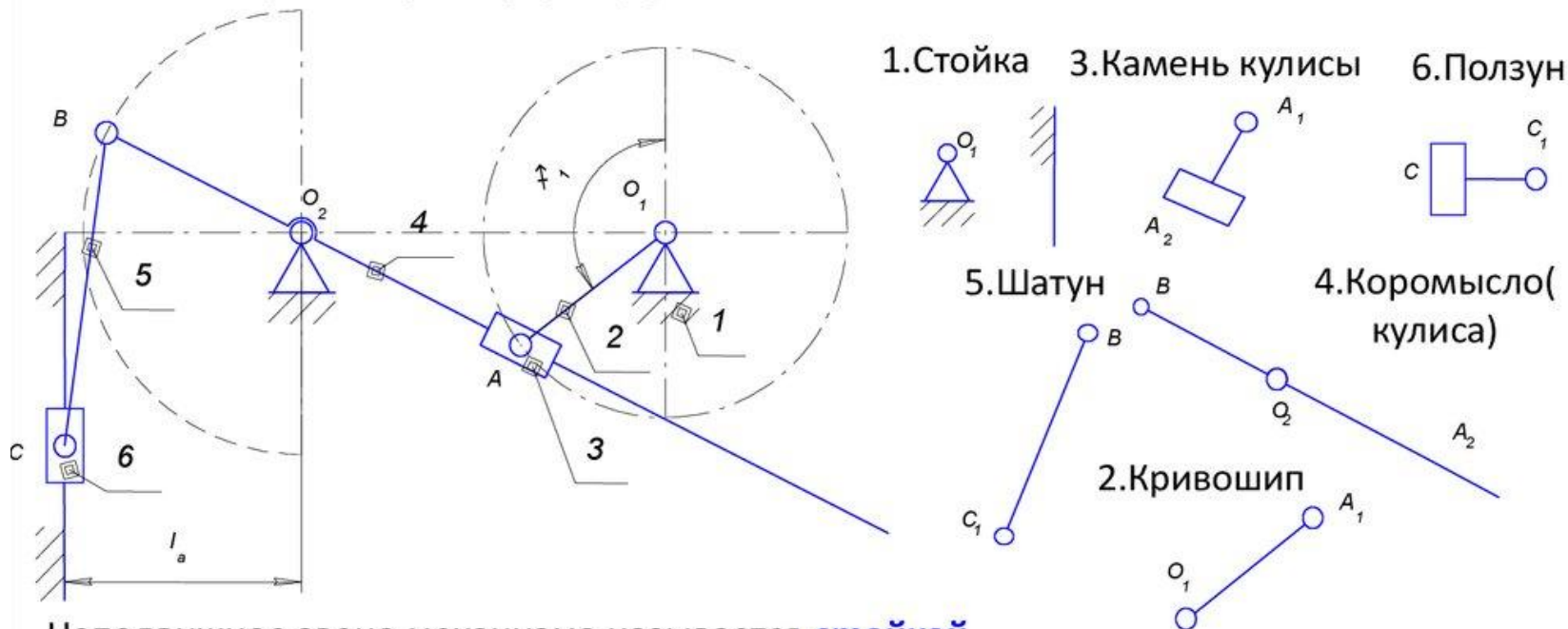
- *ползун* – это звено, образующее поступательную кинематическую пару со стойкой (звено 3);
- *камень* – это звено, образующее поступательную кинематическую пару с кулисой (звено 6);
- *шток* – это звено, образующее поступательную кинематическую пару с качающимся ползуном (звено 7);

3) звенья, совершающие сложные движения:

- *шатун* – это звено рычажного механизма, образующее кинематические пары только с подвижными звеньями, не имеющих связей со стойкой (звено 2).



# Пример структурного анализа механизма



Неподвижное звено механизма называется **стойкой**

Звено совершающее полный оборот вокруг оси называется **кривошипом**;

Звено совершающее прямолинейное движение вдоль неподвижной направляющей называется **ползуном**

Звено совершающее плоскопараллельное движение называется **шатунном**

Звено в виде двуплечего рычага совершающее неполный оборот вокруг оси называется **коромыслом**;

Коромысло служащее направляющей ползуна называется **кулисой**

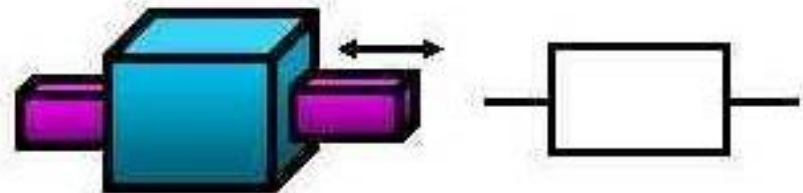
Ползун совершающий поступательное движение вдоль кулисы называется **каменем кулисы**

**ЗВЕНЬЯ В МЕХАНИЗМЕ СОЕДИНЯЮТСЯ МЕЖДУ СОБОЙ  
ПОДВИЖНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ,  
КОТОРОЕ НАЗЫВАЕТСЯ**

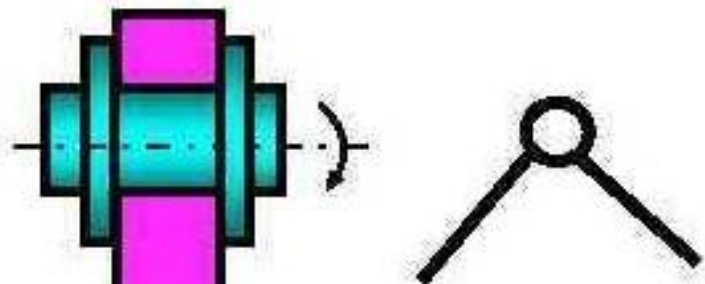
# **КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПАРОЙ**

Примеры:

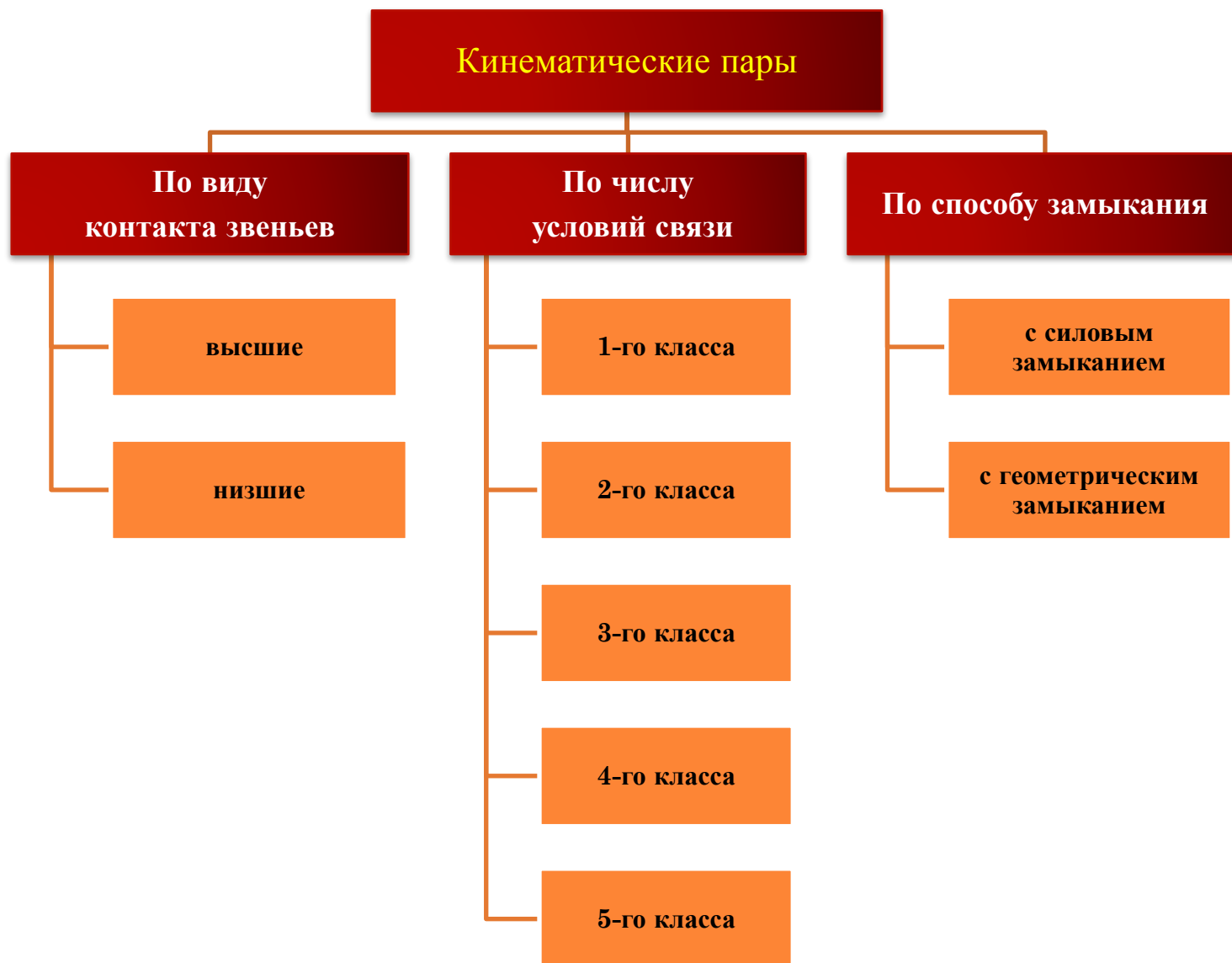
Поступательная



Вращательная



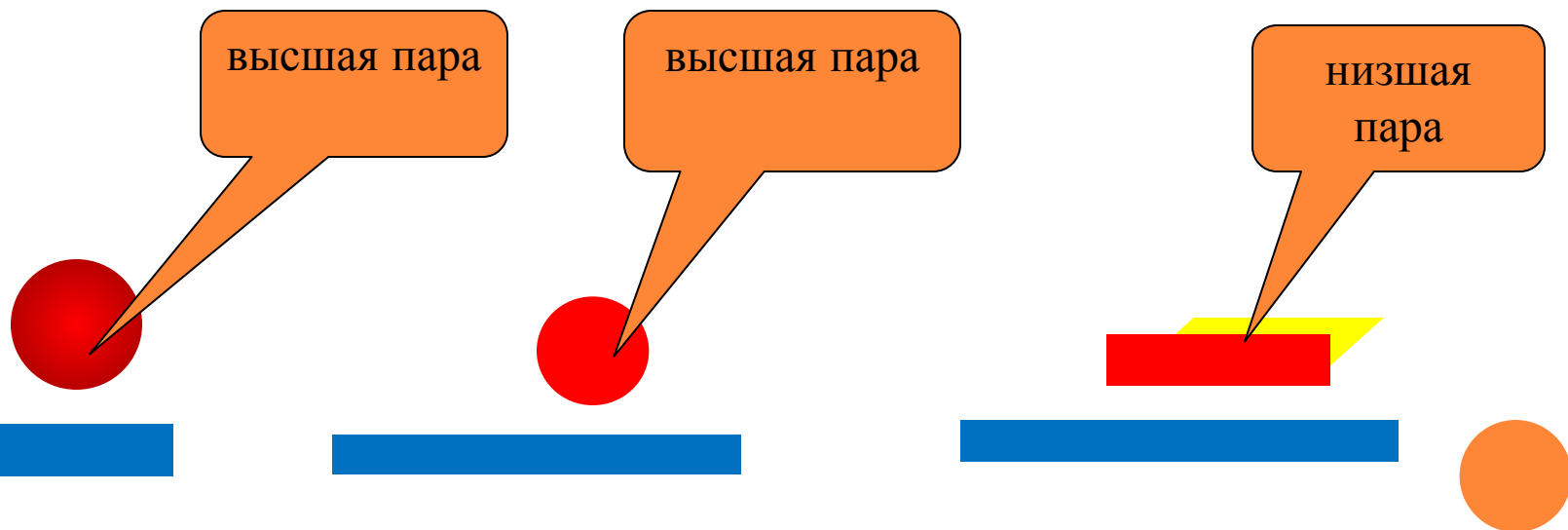
# КЛАССИФИКАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАР



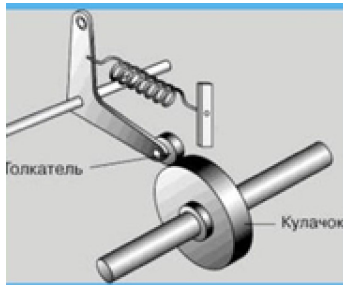
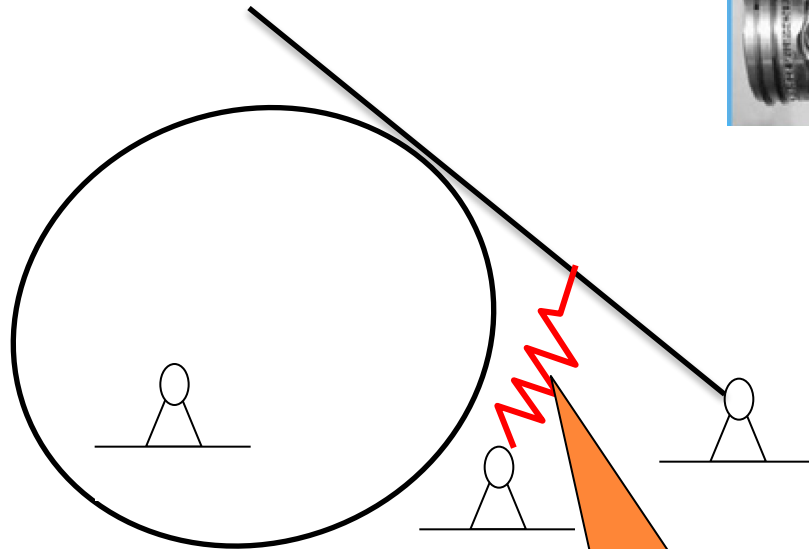
## КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВИДУ КОНТАКТА ЗВЕНЬЕВ

□ В высших парах звенья соприкасаются *по линии* или *в точке*

□ В низших кинематических парах звенья соприкасаются *по поверхности*



# СИЛОВОЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЗАМЫКАНИЕ



Силовое  
замыкание  
посредством  
пружины

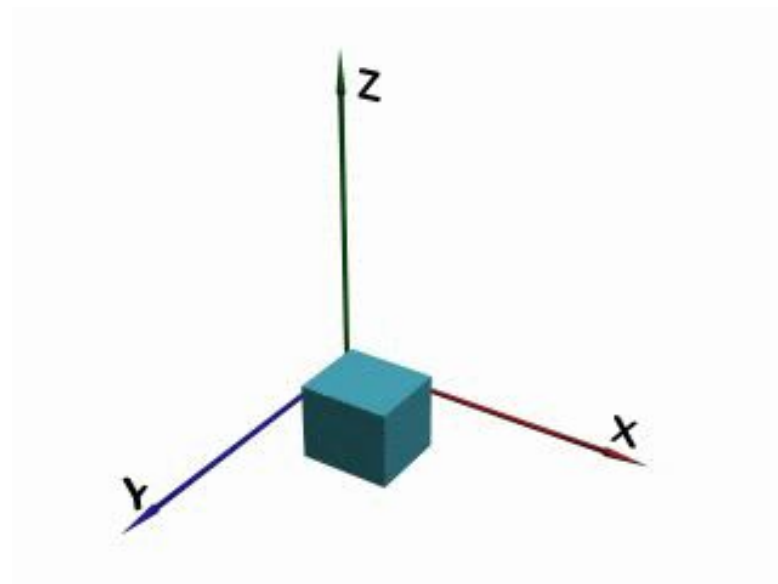
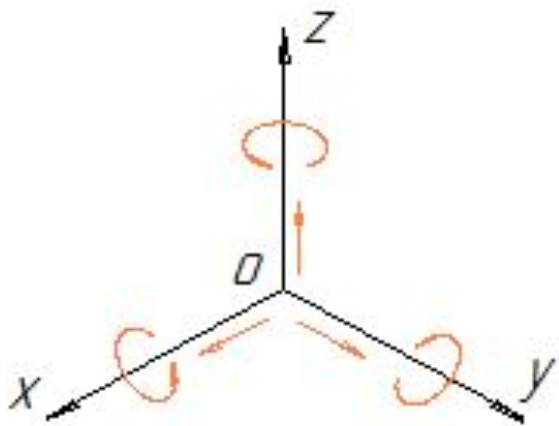
Геометрическое  
замыкание  
посредством паза



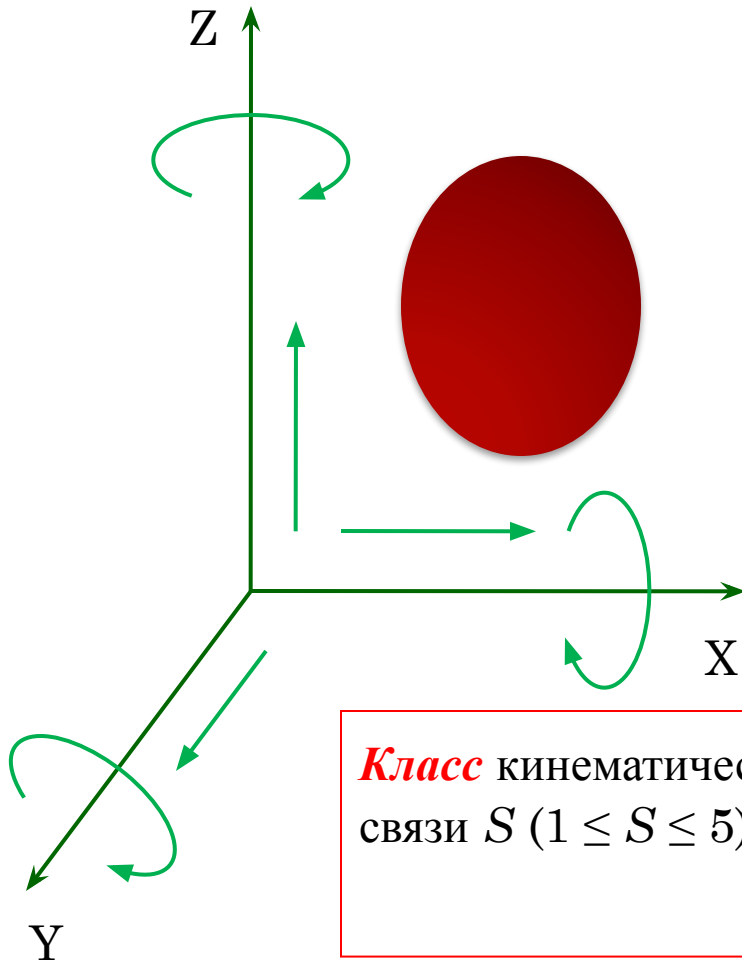


# СТЕПЕНЬ ПОДВИЖНОСТИ СВОБОДНОГО ТЕЛА В ПРОСТРАНСТВЕ

$H = 6$



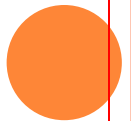
## КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ЧИСЛУ УСЛОВИЙ СВЯЗИ



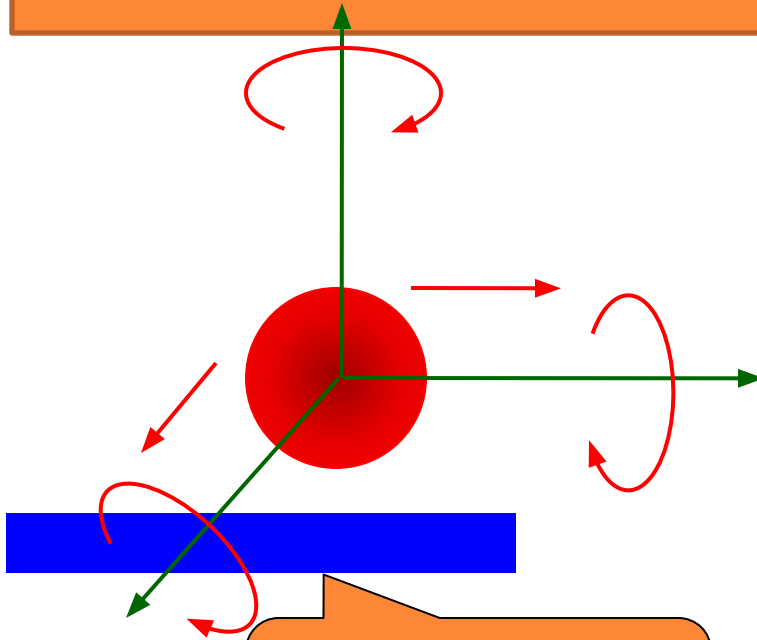
Ограничения, наложенные кинематической парой на относительные движения составляющих её звеньев, называются *условиями связи* или просто *связями*.

*Класс* кинематической пары  $p$  определяется числом условий связи  $S$  ( $1 \leq S \leq 5$ ):

$$S = 6 - H$$

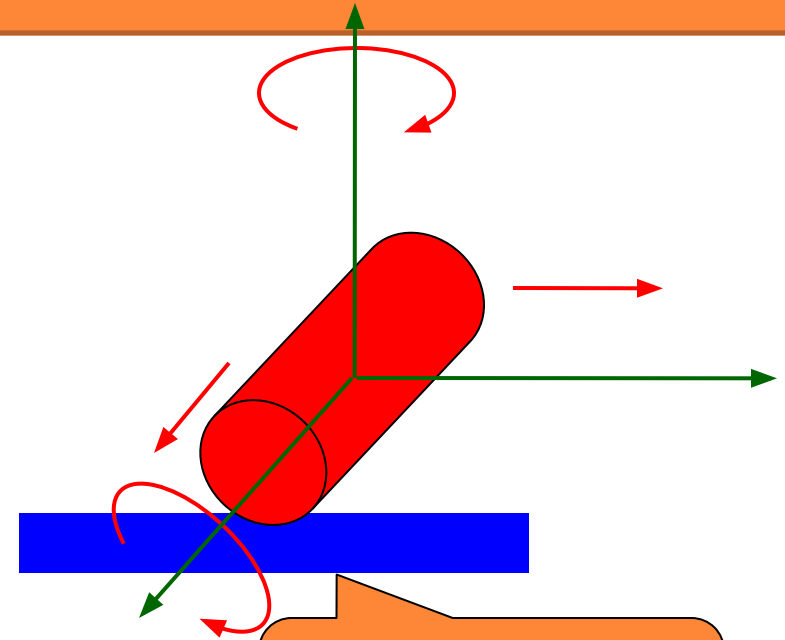


## КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРЫ 1-ГО И 2-ГО КЛАССОВ



Кинематическая пара «шар – плоскость»

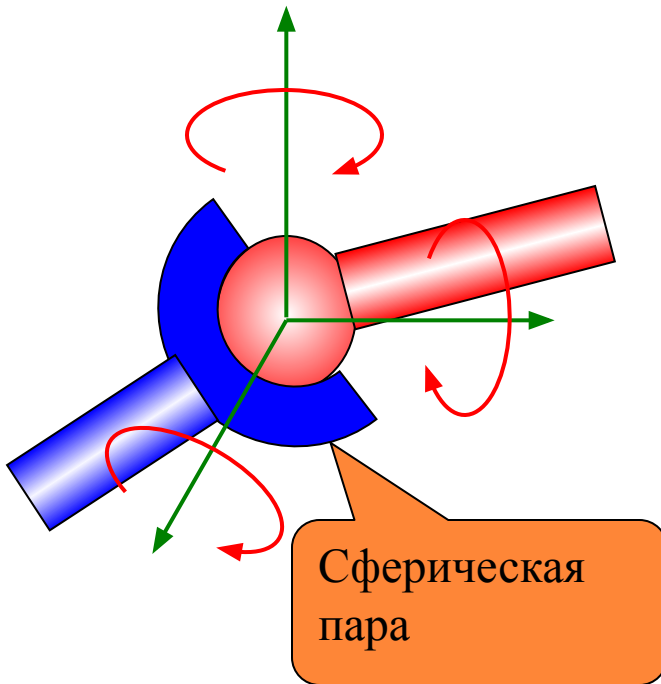
Кинематическая пара **1-го класса** ограничивает **одно** простейшее движение, т. е. накладывает **одно** условие связи. Возможны **пять** относительных движений, т.е. пара имеет **пять** степеней свободы и является **пятиподвижной**.



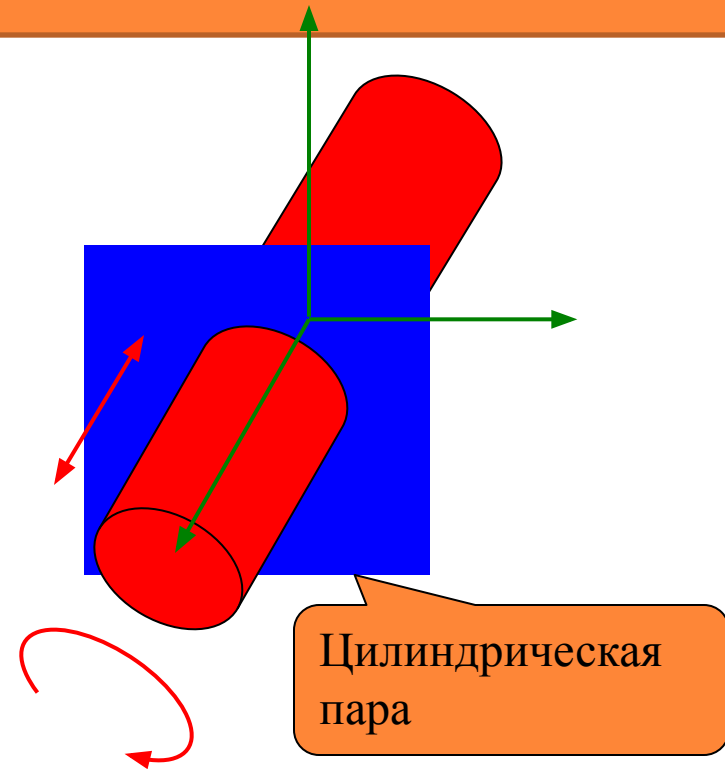
Кинематическая пара «цилиндр – плоскость»

Кинематическая пара **2-го класса** ограничивает **два** простейших движения, т. е. накладывает **два** условия связи. Возможны **четыре** относительных движений, т.е. пара имеет **четыре** степени свободы и является **четырёхподвижной**.

## КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРЫ 3-ГО И 4-ГО КЛАССОВ

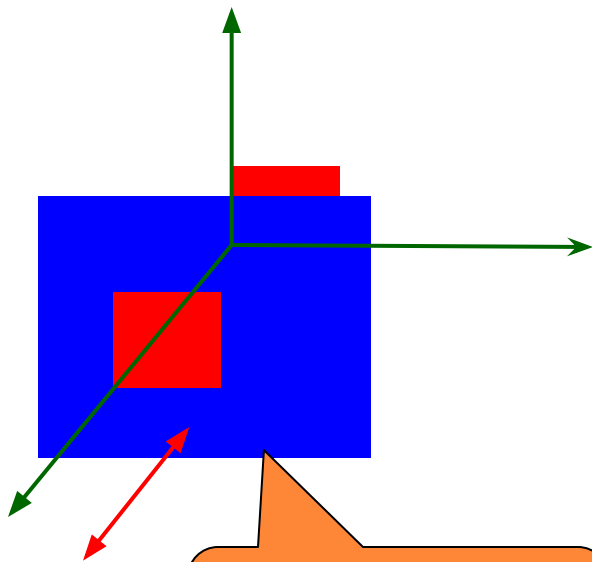


Кинематическая пара **3-го класса** ограничивает **три** простейших движения, т. е. накладывает **три** условия связи. Возможны **три** относительных движения, т. е. пара имеет **три** степени свободы и является **трёхподвижной**.

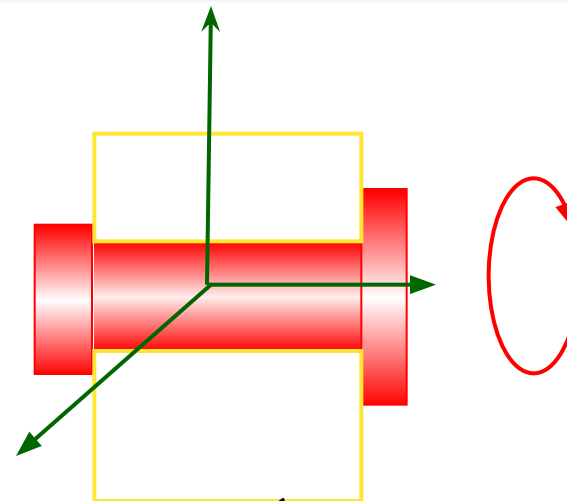


Кинематическая пара **4-го класса** ограничивает **четыре** простейших движения, т.е. накладывает **четыре** условия связи. Возможны **два** относительных движения, т.е. пара имеет **две** степени свободы и является **двухподвижной**.

## КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРЫ 5-ГО КЛАССА



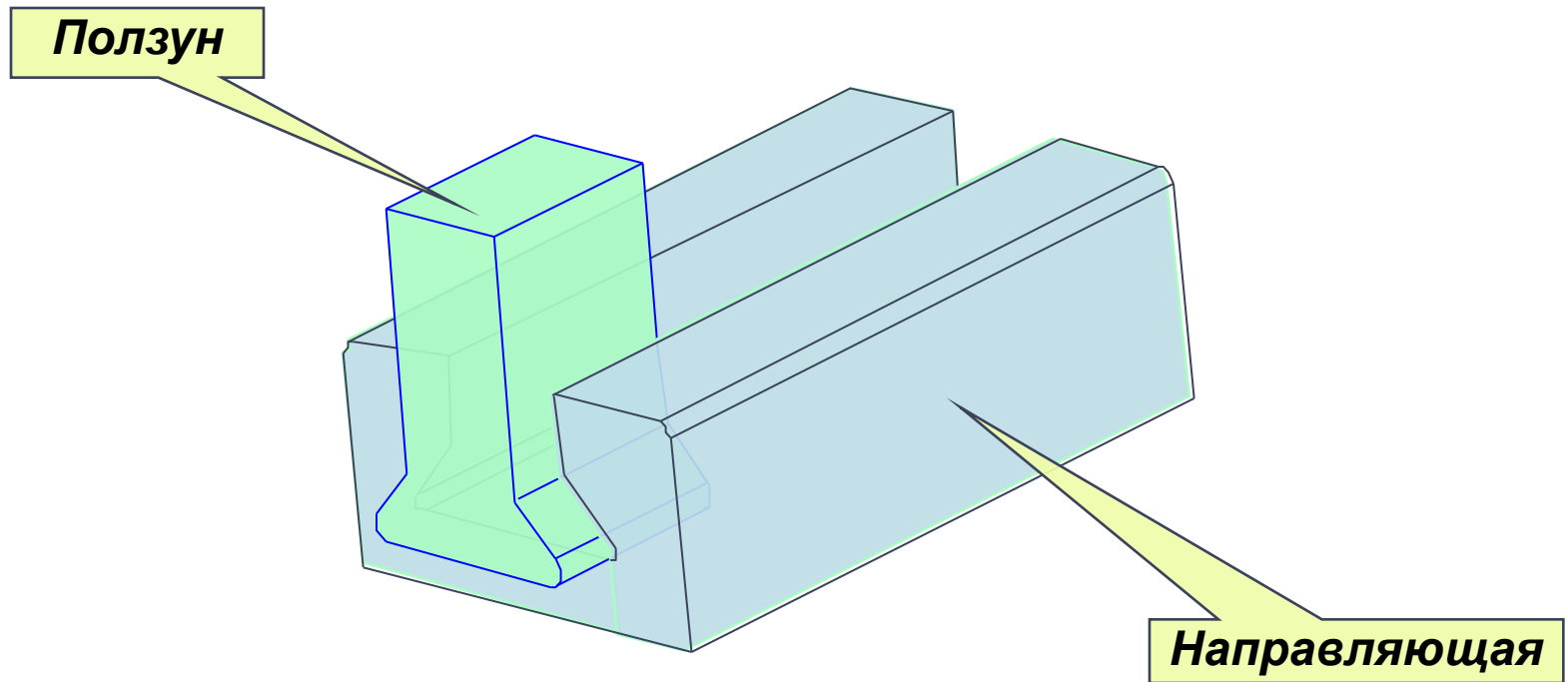
Поступательная пара



Вращательная пара (шарнир)

Кинематическая пара *5-го класса* ограничивает *пять* простейших движений, т.е. накладывает *пять* условий связи. Возможно *одно* относительное движение, т.е. пара имеет *одну* степень свободы и является *одноподвижной*.

# ПОСТУПАТЕЛЬНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРЫ



- Поступательные кинематические пары обеспечивают только поступательное относительное движение



## Степень подвижности плоских механизмов

Под **степенью подвижности механизма  $W$**  понимается число степеней свободы всех подвижных звеньев механизма относительно стойки (число ведущих звеньев). Степень подвижности определяется по формуле Чебышева П.Л.:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4,$$

где:

$W$  – степень подвижности механизма,

$n$  - число подвижных звеньев механизма,

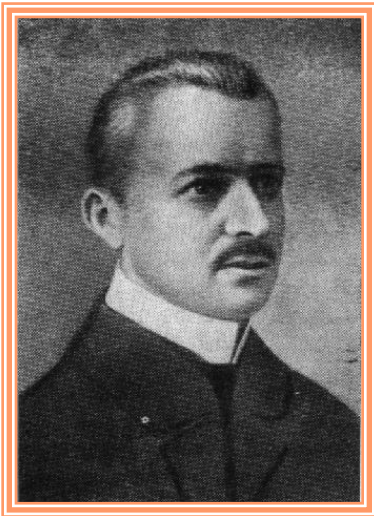
$p_5$  - число кинематических пар пятого класса,

$p_4$  - число кинематических пар четвертого класса.



## КАК ОБРАЗУЮТСЯ НОВЫЕ ПЛОСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ?

На этот вопрос ответил в 1914 году русский ученый Ассур Леонид Владимирович.



Для решения задач синтеза и анализа сложных рычажных механизмов профессором Петербургского университета Ассуром Л.В. была предложена оригинальная структурная классификация. По этой классификации механизмы не имеющие избыточных связей и местных подвижностей состоят из начальных механизмов (1класса) и структурных групп Ассура (2, 3, и т.д. класса). При синтезе к выбранным первичным механизмам последовательно присоединяются следующие структурные группы Ассура. При анализе - деления механизма на группы Ассура – проводится обратная операция от последнего звена к ведущему.





## **ПРИНЦИП ОБРАЗОВАНИЯ**

**ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ, ПРЕДЛОЖЕННЫЙ АССУРОМ Л.В.**

**К НАЧАЛЬНОМУ МЕХАНИЗМУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО**

**ПРИСОЕДИНЯЮТСЯ**

**ГРУППЫ АССУРА 2-ГО, 3-ГО ИЛИ 4-ГО КЛАССОВ**

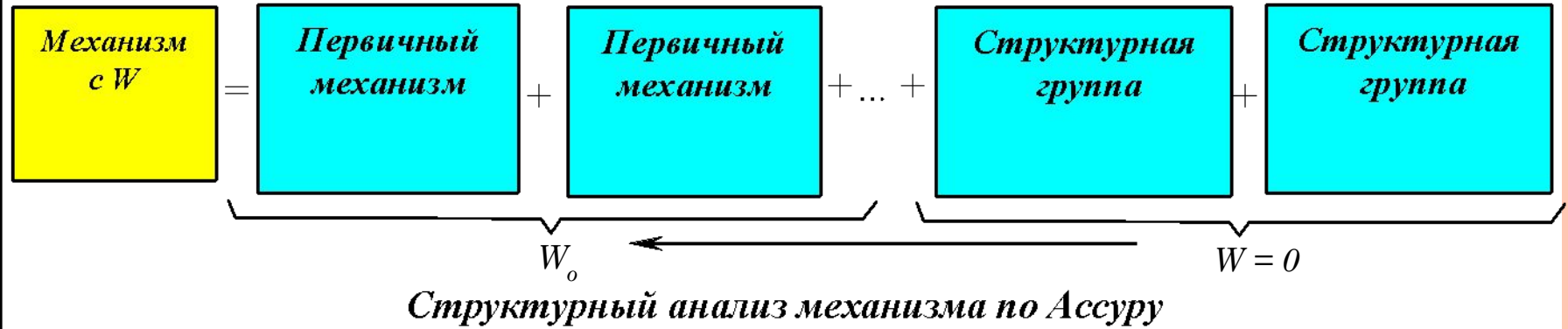
## **ЦЕЛЬ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МЕХАНИЗМА**

**ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ОПРЕДЕЛЕНИИ КЛАССА МЕХАНИЗМА**



# Структурный анализ по Ассур Л.В.

*Структурный синтез механизма по Ассур*



# Структурный анализ по Ассур Л.В.

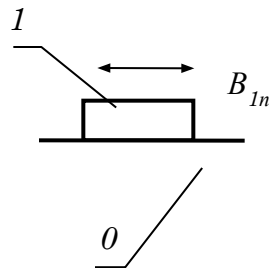
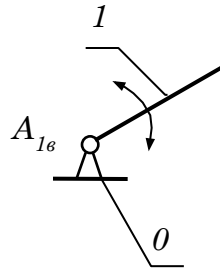
## Начальные (первичные) механизмы 1 класса

Под **начальным (первичным) механизмом** понимают механизм, состоящий из двух звеньев:

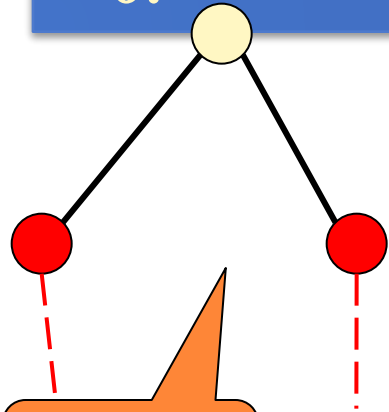
- одно из которых **неподвижное - СТОЙКА**,
- другое **подвижное – ВЕДУЩЕЕ ЗВЕНО**.

Эти звенья образуют кинематическую пару с одной степенью подвижности  $W = 1$ .

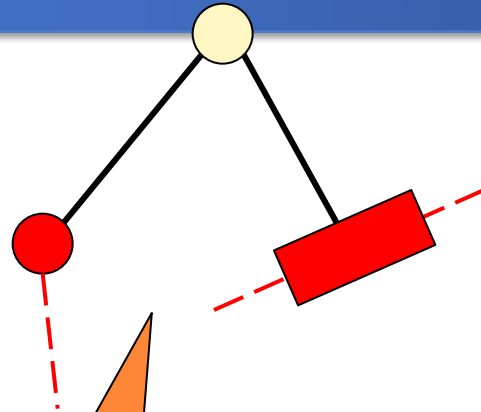
Существует **2 вида** первичных механизмов, примеры даны на рисунках.



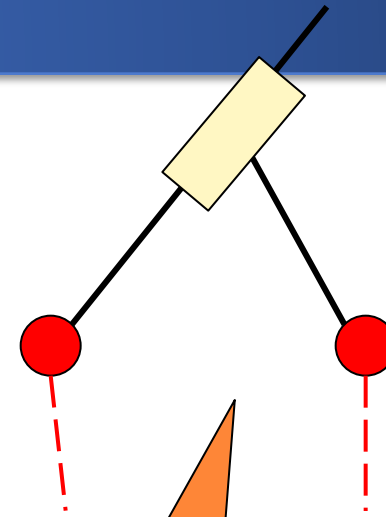
**Структурные группы (группы Ассура) – это кинематические цепи с нулевой степенью подвижности  $W = 0$ .**



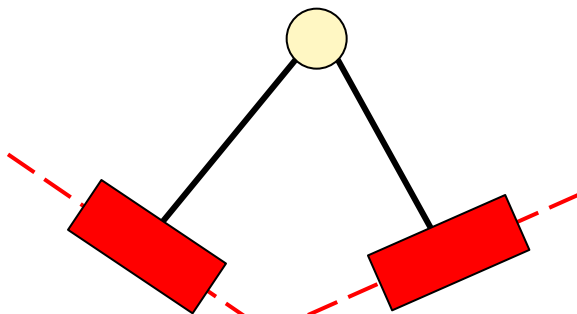
II класс,  
1-ый вид



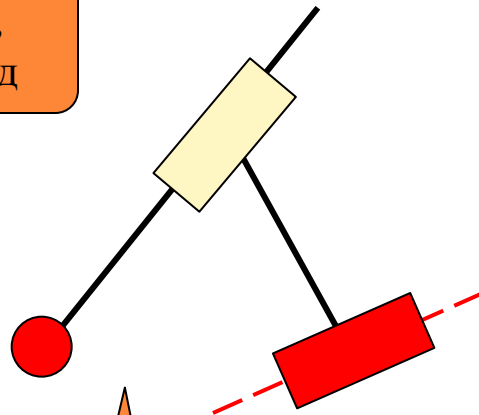
II класс,  
2-ой вид



II класс,  
3-ий вид



II класс,  
4-ый вид



II класс,  
5-ый вид

Степень подвижности группы:

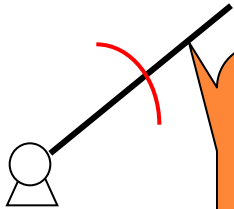
$$n=2;$$

$$P_5=3; P_4=0;$$

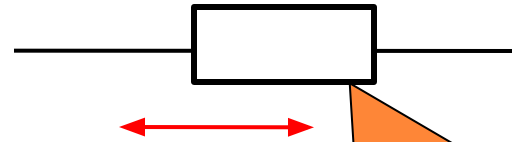
$$W=3n - 2p_5 - p_4$$

$$W=3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

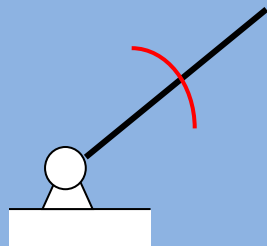
# Строение механизма



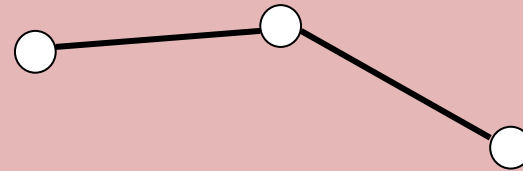
Механизм 1-го класса с роторным двигателем



Механизм 1-го класса с линейным двигателем

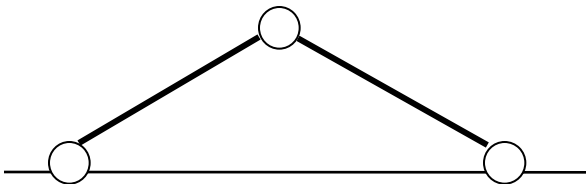


Механизм первого класса,  $W=1$



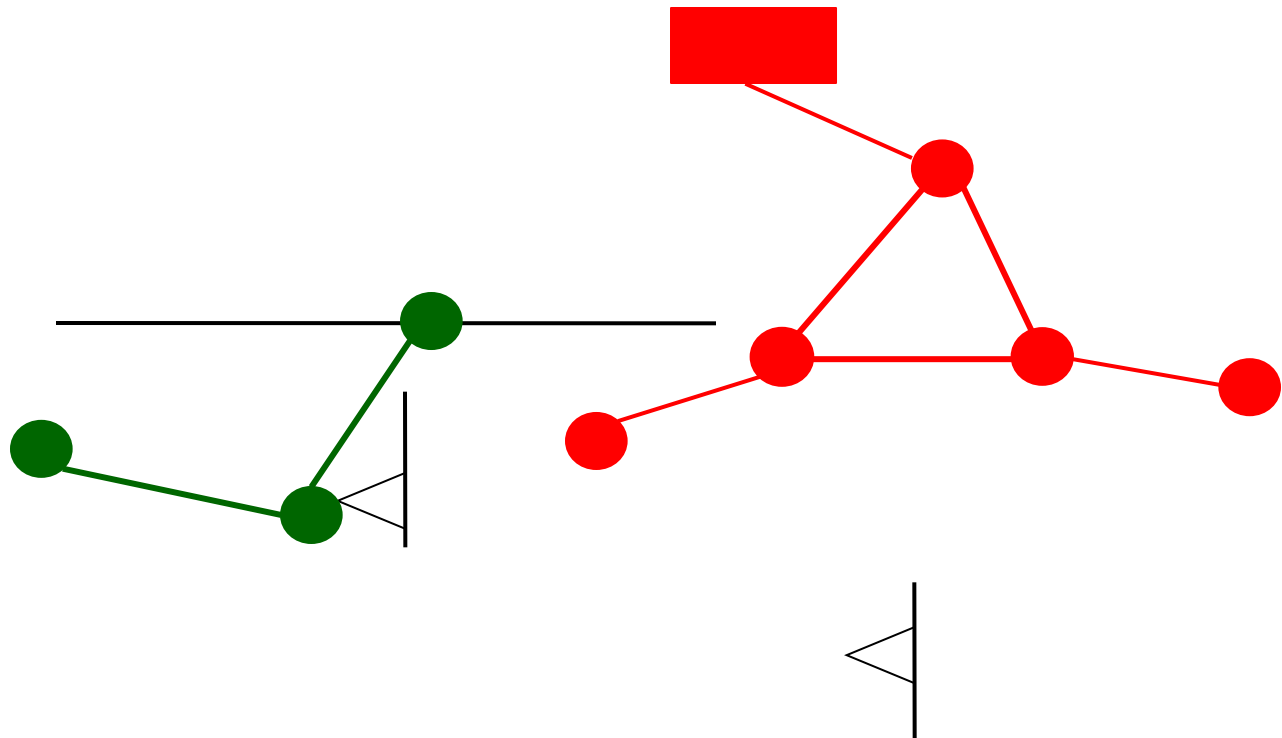
Присоединяемая кинематическая цепь,  $W=?$

Новый механизм,  $W=1$



Степень подвижности данной группы звеньев становится равной **нулю** при присоединении её к стойке.

# Метод наслоения структурных групп

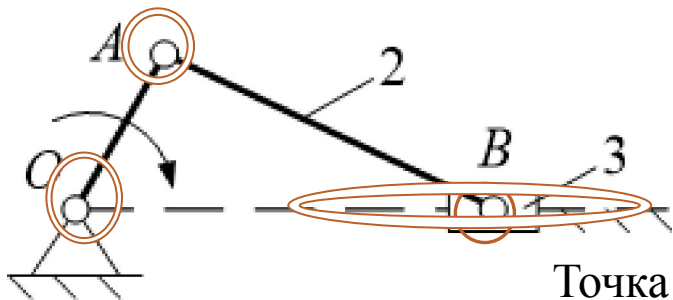


Механизм образуется присоединением к *начальному механизму* (или нескольким начальным механизмам) одной или нескольких *структурных групп*.



Требуется:

1. Построить структурную схему механизма;
2. Провести классификацию звеньев механизма;
3. Провести классификацию кинематических пар;
4. Написать структурную формулу механизма  
(Определить подвижность);
5. Выделить структурные группы Ассура;
6. Провести классификацию структурных групп;
7. Определить класс механизма.



По формуле П.Л.Чебышева:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

$n$  – количество подвижных звеньев

Кинематические пары:

Точка  $O$  0-1(стойка-кривошип) – пара 5 класса;

$$n = 3$$

Точка  $A$  1-2 (кривошип-шатун) – пара 5 класса – вр.;

Точка  $B$  2-3 (шатун-ползун) - пара 5 класса - вр.;

где,

Точка  $B$  3-0 (ползун-стойка) - пара 5 класса - пост;

0 – стойка;

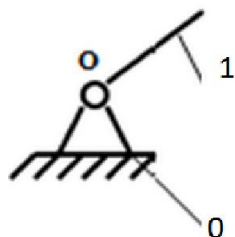
$$P_5 = 4$$

1-кривошип;

Группы Ассура:

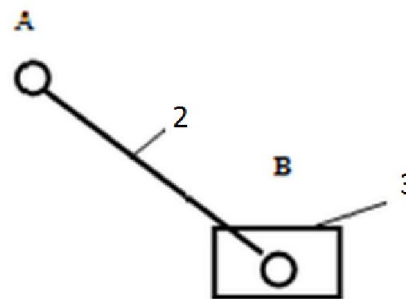
2-шатун;

3-ползун



$$W = 3 - 1 - 2 \cdot 1 = 1$$

1 класс 1 вид



$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 3 = 0$$

Группа Асура II

класса 2. вида

