

Теория механизмов и машин

Часть №1

Машина - техническое устройство, выполняющее преобразование энергии, материалов и информации с целью облегчения физического и умственного труда человека, повышения его качества и производительности.

- ▶ Энергетические машины - преобразующие энергию одного вида в энергию другого вида .
- ▶ Рабочие машины - машины использующие механическую энергию для совершения работы по перемещению и преобразованию материалов .
- ▶ Информационные машины - машины, предназначенные для обработки и преобразования информации
- ▶ Кибернетические машины - машины управляющие рабочими или энергетическими машинами, которые способны изменять программу своих действий в зависимости от состояния окружающей среды .

Механизм-это

- ▶ система твердых тел, предназначенная для передачи и преобразования заданного движения одного или нескольких тел в требуемые движения других твердых тел .
- ▶ кинематическая цепь, в состав которой входит неподвижное звено (стойка) и число степеней свободы которой равно числу обобщенных координат, характеризующих положение цепи относительно стойки .
- ▶ **устройство для передачи и преобразования движений и энергий любого рода.**
- ▶ система твердых тел, подвижно связанных путем соприкосновения и движущихся определенным, требуемым образом относительно одного из них, принятого за неподвижное.

Классификация механизмов по признакам:

- ▶ По области применения
- ▶ По виду передаточной функции
- ▶ По виду преобразования движения
- ▶ По движению и расположению звеньев в пространстве
- ▶ По числу подвижностей (W)
- ▶ По виду КП
- ▶ По способу передачи и преобразования потока энергии
- ▶ По форме, конструктивному исполнению и движению звеньев

Звено- одна или несколько жестко связанных между собой деталей (условно изображаются отрезками прямых, треугольниками, прямоугольниками, окружностями и обозначаются арабскими цифрами)

Неподвижное звено – стойка

Подвижные звенья

Входное звено - звено, которому сообщается заданное движение и соответствующие силовые факторы (силы или моменты).

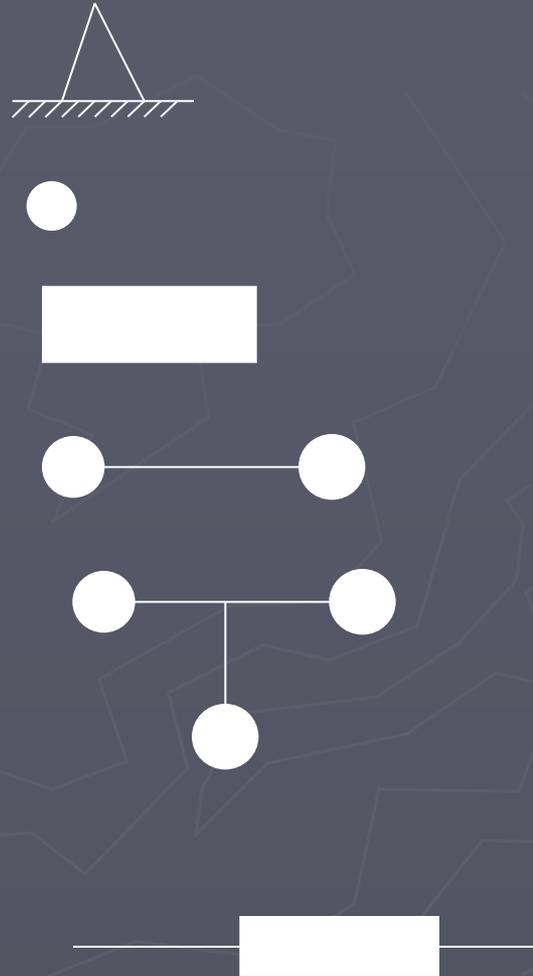
Выходное звено - звено, которое совершает движение, для которого предназначен механизм.

*(Чаще всего применяют механизмы с одним входным и одним выходным звеном, но бывают механизмы и с большим числом таких звеньев – их называют **дифференциалами**).*

- ▶ Начальное звено - звено, координата которого принята за обобщенную.
- ▶ Кинематическая цепь – система звеньев, связанных между собой кинематическими парами

Схематичное изображение

- ▶ Стойка 
- ▶ Вращательная КП 
- ▶ Поступательная КП 
- ▶ Звено, входящее в 2 вращательные КП 
- ▶ Звено, входящее в 3 вращательные КП 
- ▶ 2 звена, образующие поступательную КП 



Кинематическая пара- подвижное соединение двух звеньев, допускающее их определенное относительное движение (условно изображаются согласно принятым правилам большими латинскими буквами)

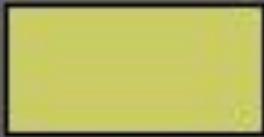
Условия существования:

- наличие 2 звеньев
- постоянное их соприкосновение
- возможность их относительного перемещения.

Для всех кинематических пар необходим постоянный контакт между их элементами, это достигается либо с помощью определённых усилий, либо придание элементам определённой геометрической формы.

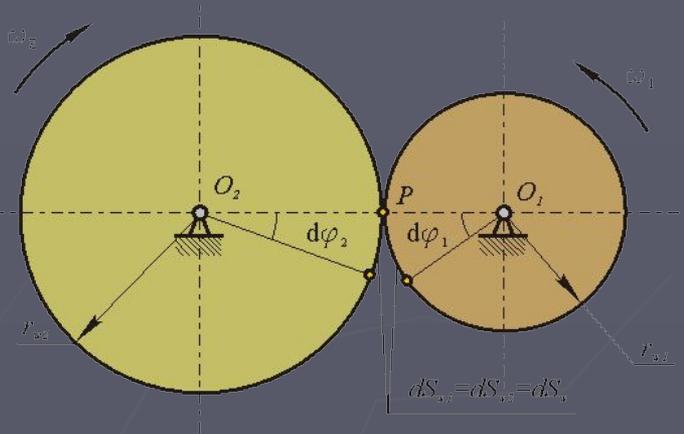
КП классифицируются по следующим признакам:

1. По виду места контакта (места связи) поверхностей звеньев:



- ▶ низшие, в которых контакт звеньев осуществляется по плоскости или поверхности (пары скольжения);
Достоинство низших пар – повышенная долговечность соединения благодаря небольшим удельным нагрузкам на поверхность.

Высшие КП- кинематические пары, в которых контакт



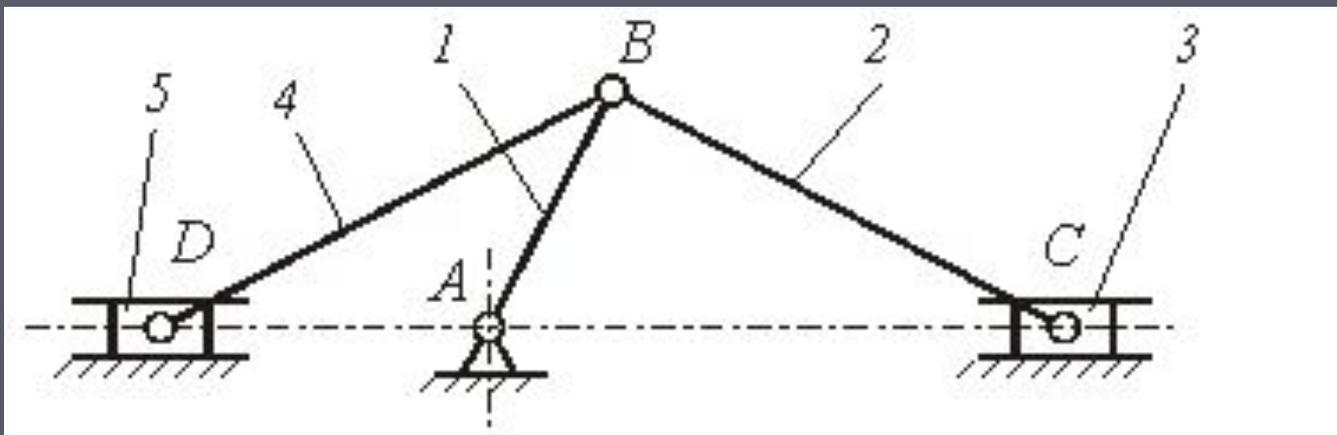
звеньев осуществляется по линиям или точкам (пары, допускающие скольжение с перекатыванием). Соприкосновение звеньев происходит на небольших площадках, что ведет к их ускоренному износу

Достоинство механизмов с высшей КП:

- ▶ малые габариты и вес;
- ▶ возможность точного воспроизведения закона движения выходного звена (по сравнению с рычажными механизмами зубчатые передачи имеют меньше зазоров);
- ▶ высокий КПД (0,85 – зубчатая передача, 0,99 – планетарный механизм).

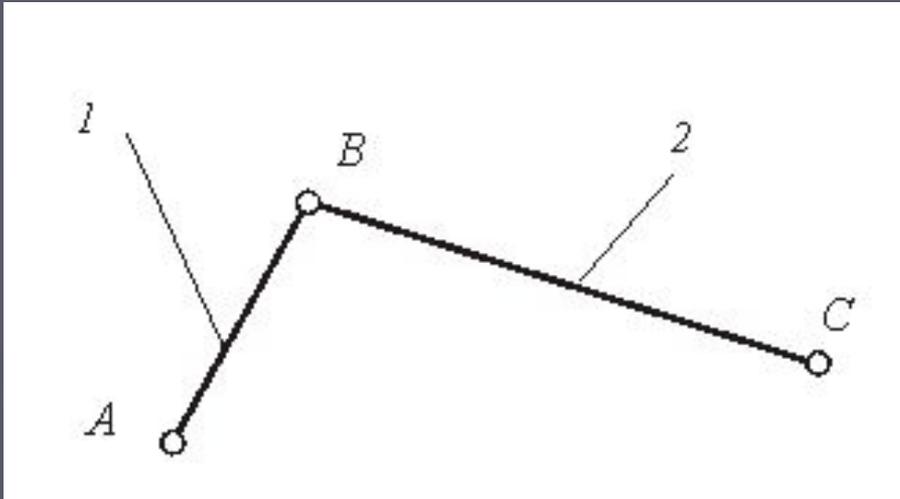
Недостатки:

- ▶ наличие высшей КП может привести к повышенным удельным давлениям в точке контакта. Это в свою очередь может привести к выкрашиванию материалов .

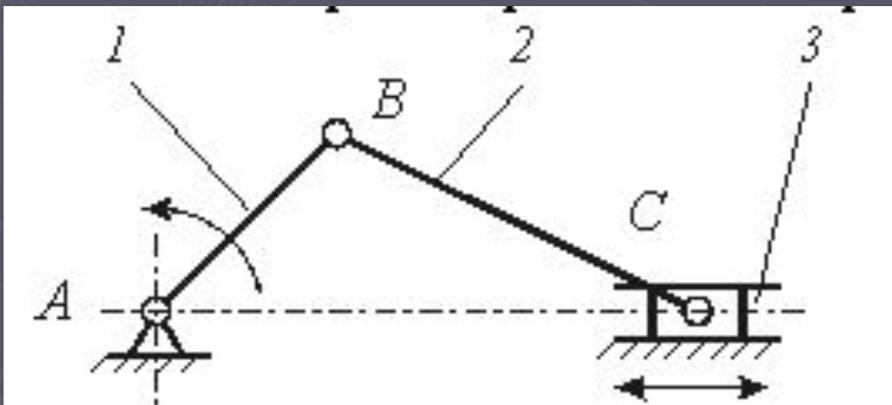


Следует подчеркнуть, что кинематическая пара это не два звена, как воспринимается это в тривиальном смысле, а одно соединение. (т. В – две кинематических пары)

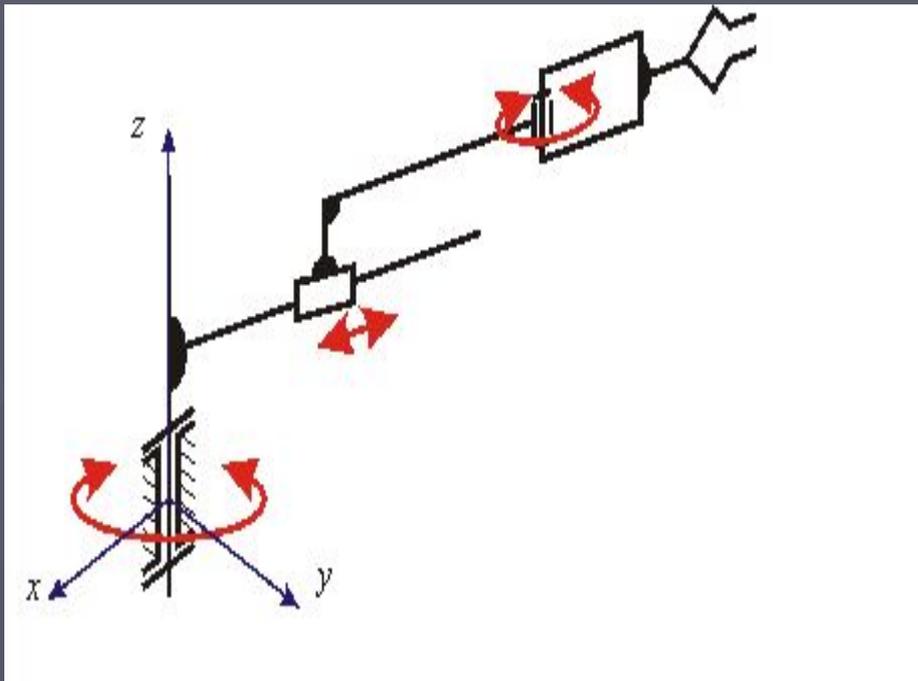
Вращательных кинематических пар -5,
 поступательных-2



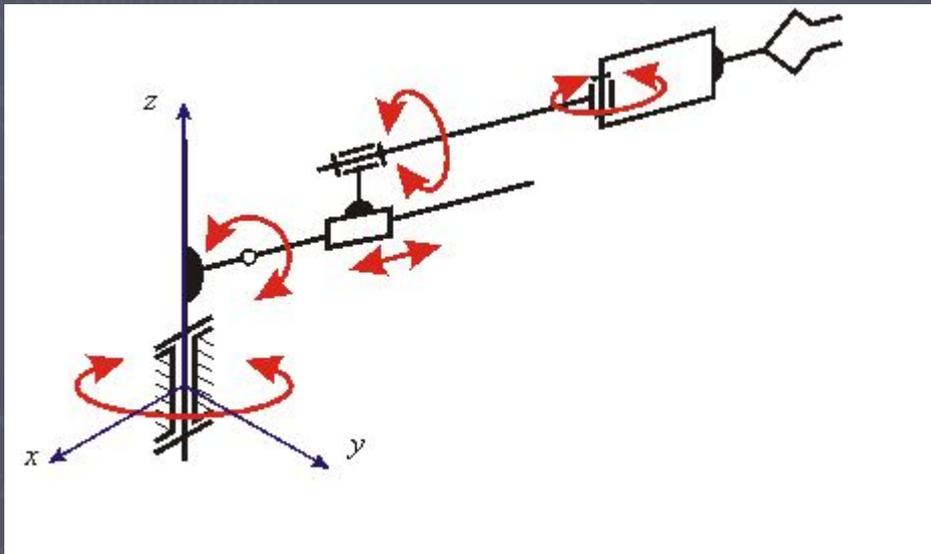
Вращательных
кинематических пар -3,
поступательных-0



Вращательных
кинематических пар -3,
поступательных-1



Вращательных
кинематических пар
-2, поступательных-1



Вращательных
кинематических
пар-4,
поступательных-1

2. По относительному движению звеньев, образующих пару:

- ▶ вращательные;
- ▶ поступательные;
- ▶ винтовые;
- ▶ плоские;
- ▶ сферические.

3. По способу замыкания (обеспечения контакта звеньев пары):

- ▶ силовое (за счет действия сил веса или силы упругости пружины);
- ▶ геометрическое (за счет конструкции рабочих поверхностей пары).

4. По числу условий связи, накладываемых на относительное движение звеньев

(число условий связи определяет класс кинематической пары);

5. По числу подвижностей в относительном движении звеньев.

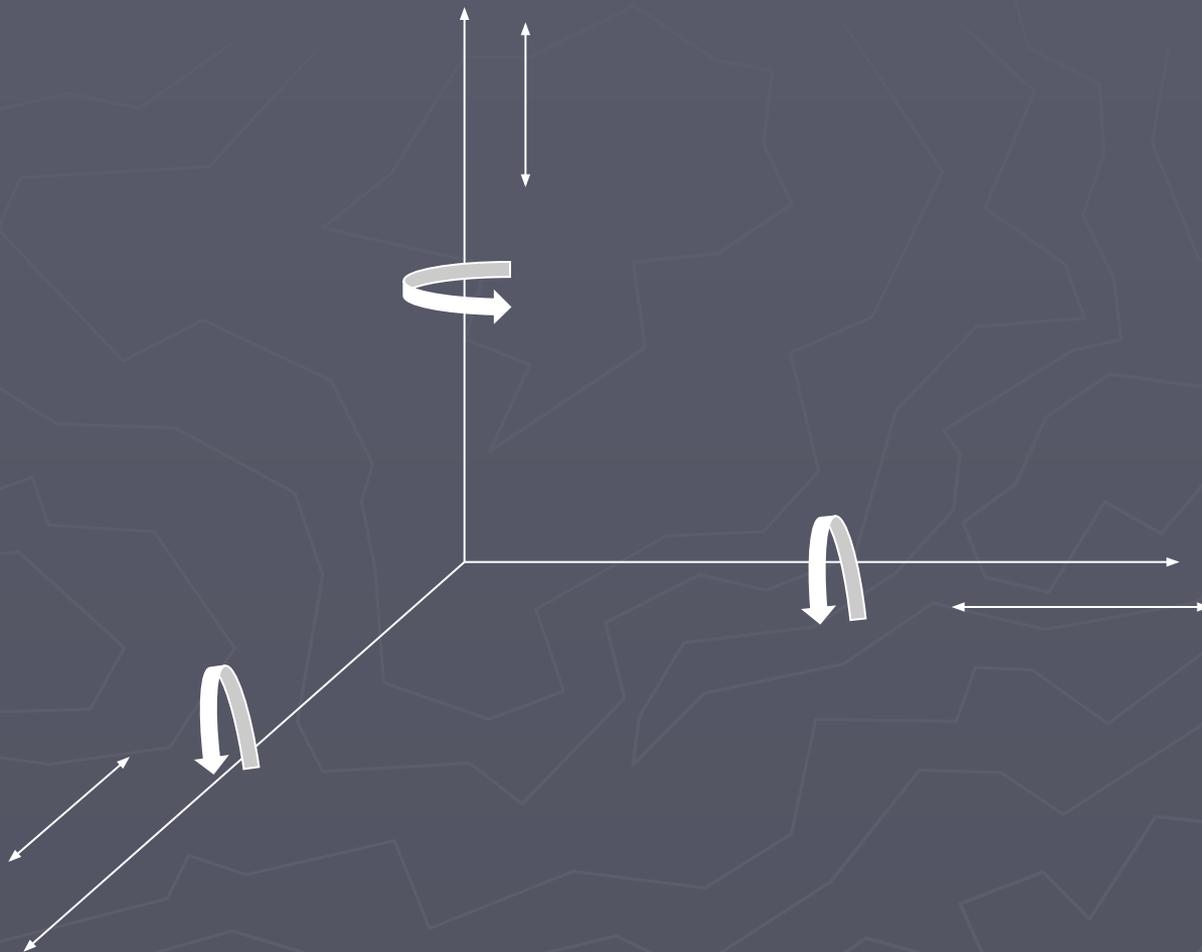


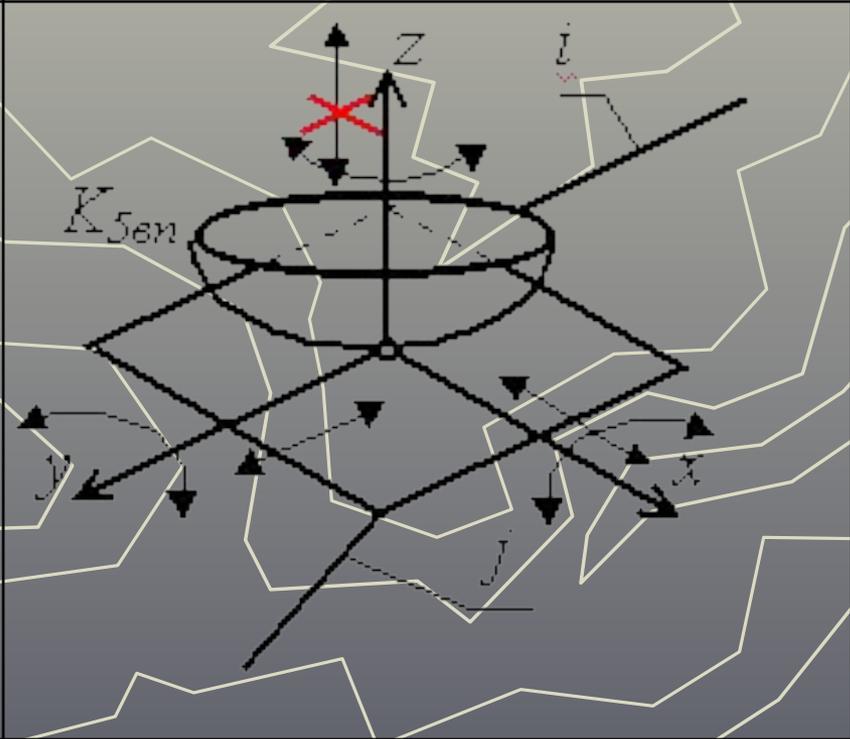
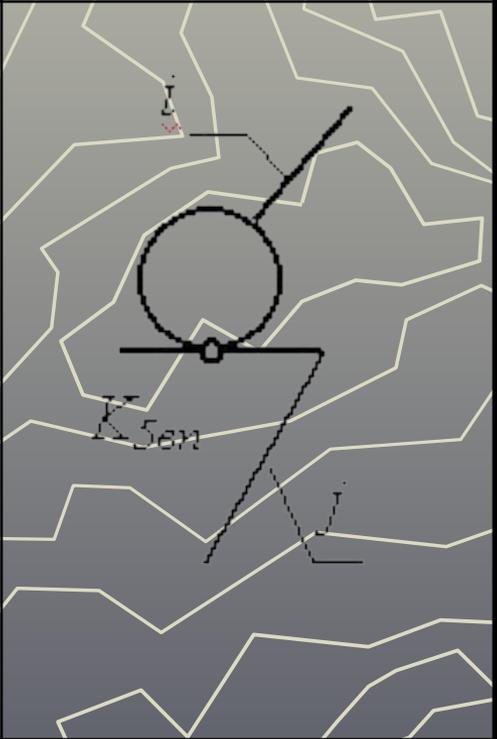
Любое тело, свободно движущееся в пространстве обладает 6 степенями свободы, поэтому число условий связи $S=0$.

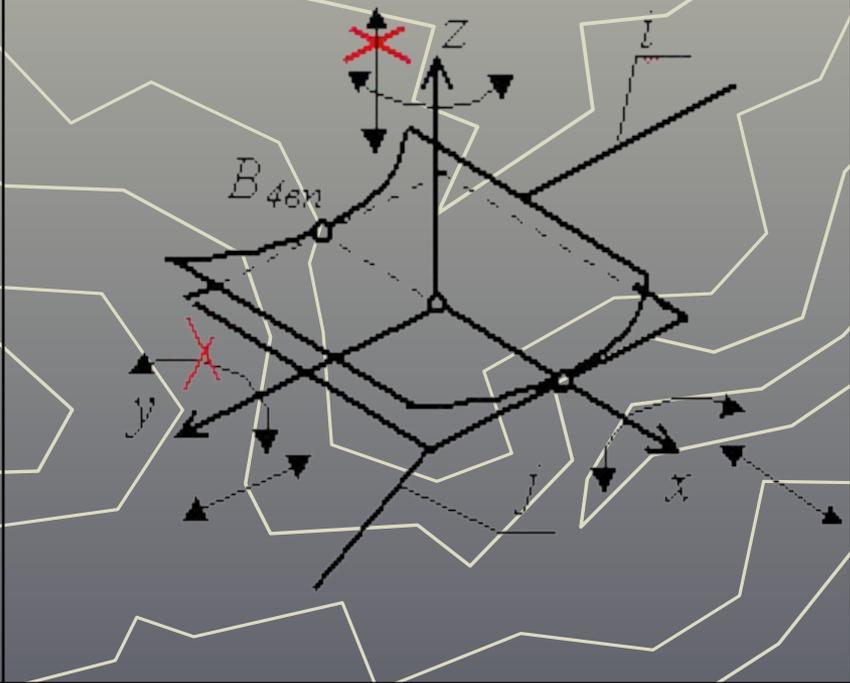
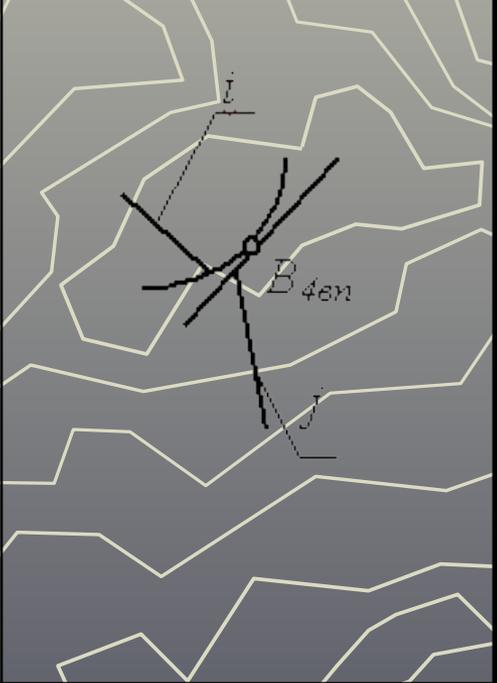
Если наложить 6 связей, то получается жесткое соединение и кинематической пары не будет $S=6$.

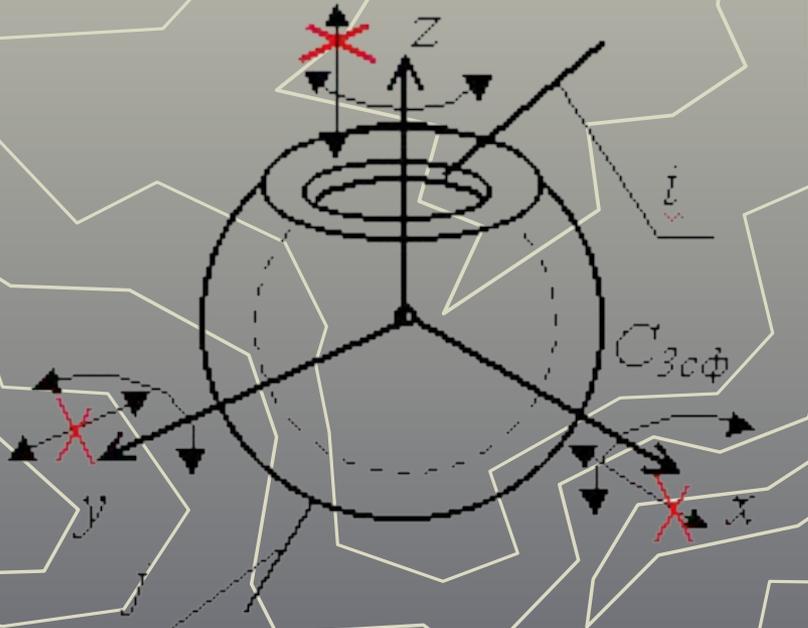
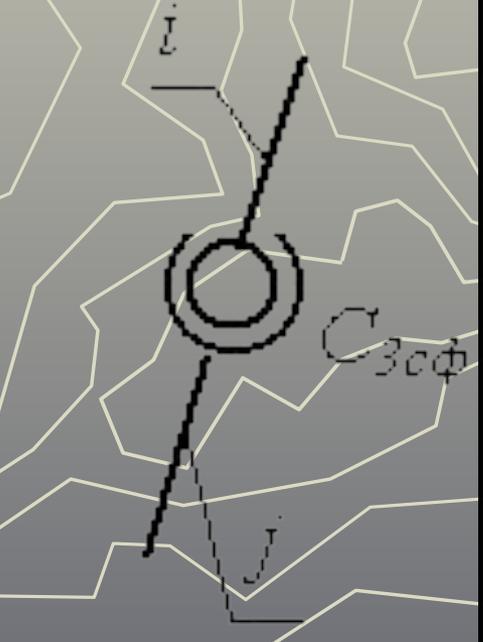
Следовательно число условий связи, наложенное на относительное движение звеньев $1 \leq S \leq 5$,

поэтому существует **5** классов кинематических пар.



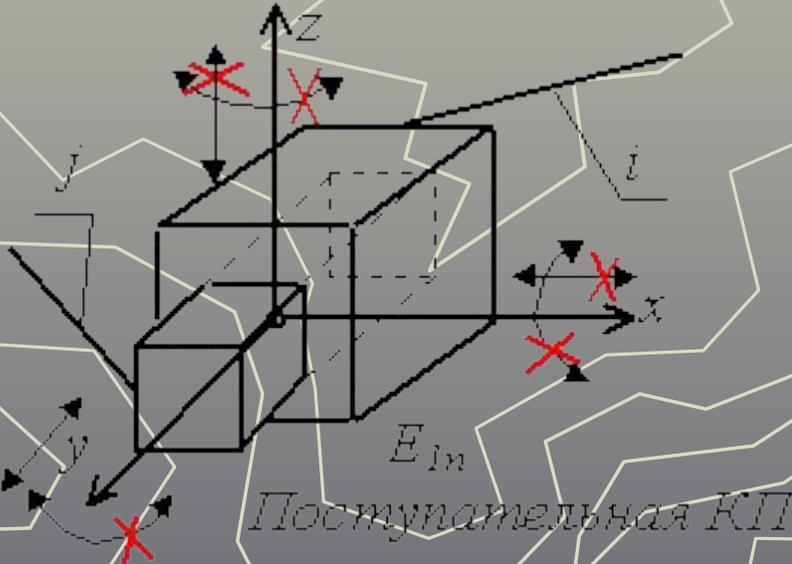
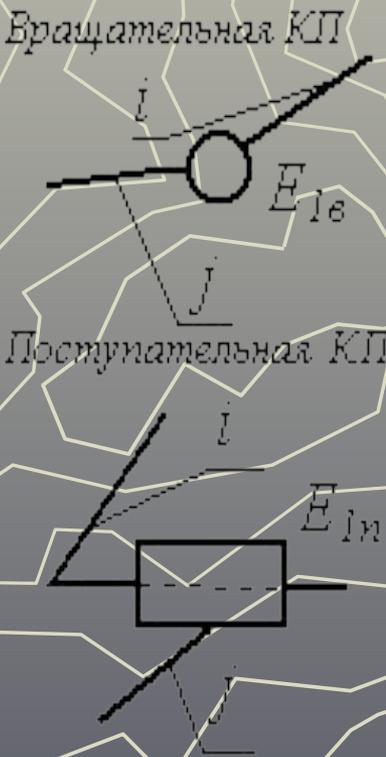
| Класс пары | Число связей | Подвижность | Пространственная схема(пример) | Условные обозначения |
|---|--------------|-------------|---|--|
|  | <p>1</p> | <p>5</p> |  |  |

| Класс пары | Число связей | Подвижность | Пространственная схема(пример) | Условные обозначения |
|---|--------------|-------------|---|--|
|  | <p>2</p> | <p>4</p> |  |  |

| Класс пары | Число связей | Подвижность | Пространственная схема(пример) | Условные обозначения |
|------------|--------------|-------------|---|--|
| III | 3 | 3 |  |  |

| Класс пары | Число связей | Подвижность | Пространственная схема(пример) | Условные обозначения |
|------------|--------------|-------------|--------------------------------|----------------------|
| IV | 4 | 2 | | |



| Класс пары | Число связей | Подвижность | Пространственная схема(пример) | Условные обозначения |
|------------|--------------|-------------|---|--|
| V | 5 | 1 |  <p>Пространственная схема(пример)</p> |  <p>Вращательная КП E_{1e} Поступательная КП E_{in}</p> |

Кинематическая цепь - это система звеньев, образующих между собой кинематические пары.



рис 1



рис 2

- ▶ Кинематическая цепь, звенья которой образуют замкнутый контур, называется **замкнутой (рис 1)**, если контур не замкнут, цепь называется **незамкнутой или открытой (рис 2)**

- ▶ Кинематическая цепь называется **сложной (рис 3)**, если имеется хотя бы одно звено, образующее более чем 2 КП

- ▶ Кинематическая цепь называется **простой (рис 4)**, если каждое звено входит не более чем в 2 КП



рис 3



рис 4

Структурная формула кинематической цепи

▶ $H = 6k - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$

▶ $n = k - 1$

▶ $W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$ – формула Малышева-Сомова

▶ Если наложить на механизм 1 связь

▶ $W = 5n - 4P_5 - 3P_4 - 2P_3 - 1P_2$

▶ Если наложить на механизм 2 связи

▶ $W = 4n - 3P_5 - 2P_4 - 1P_3$

▶ Если наложить на механизм 3 связи

▶ $W = 3n - 2P_5 - 1P_4$ – формула Чебышева

Избыточные (пассивные) - связи в механизме, которые повторяют или дублируют связи, уже имеющиеся по данной координате, и поэтому не изменяющие реальной подвижности механизма.

При этом расчетная подвижность механизма уменьшается, а степень его статической неопределимости увеличивается.

- ▶ в пространственных механизмах
- ▶ $q = W - 6n + 5P_5 + 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + 1P_1$;
- ▶ в плоских и сферических механизмах
- ▶ $q = W - 3n + 2P_5 + P_4$

Местные подвижности

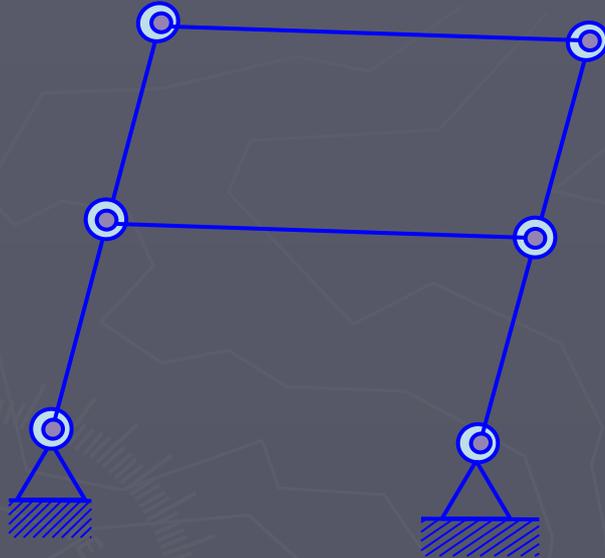
- подвижности механизма, которые не оказывают влияния на его функцию положения (и передаточные функции)

введены в механизм с другими целями (например, подвижность ролика в кулачковом механизме обеспечивает замену в высшей паре трения скольжения трением качения).

Избыточные СВЯЗИ

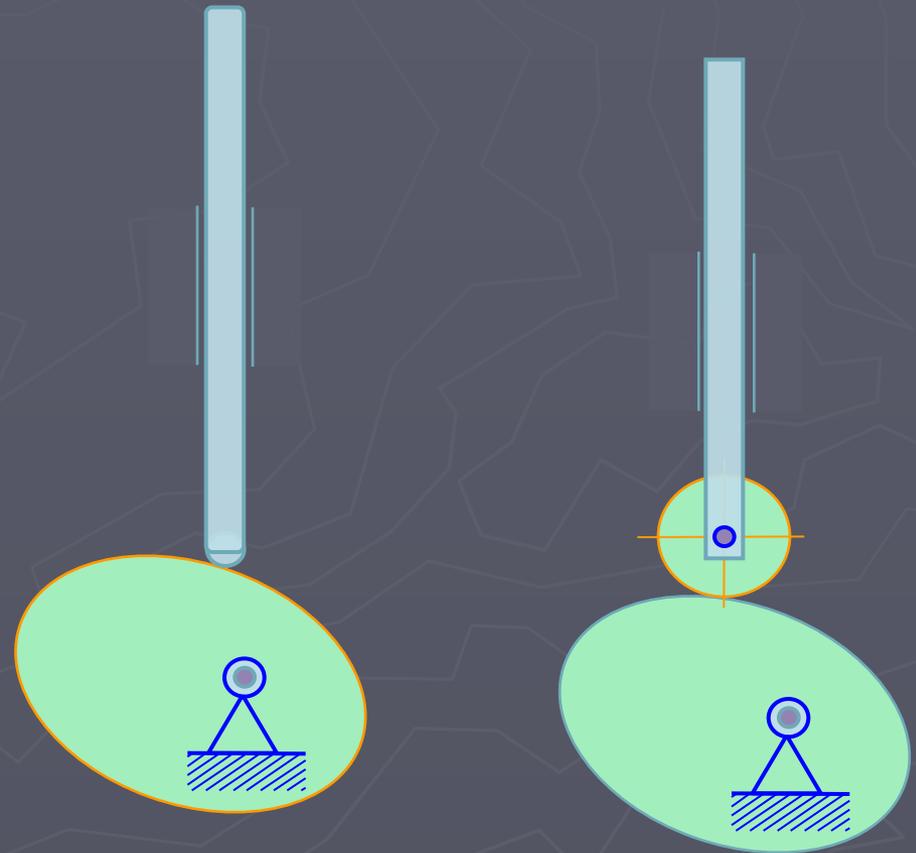
Лишние степени свободы

$$W=3(n-1)-2P_5=3(3-1)-2\cdot 2-1=1$$



$$W=3(n-1)-2P_5=3(5-1)-2\cdot 6=0$$

$$W=3(n-1)-2P_5=3(4-1)-2\cdot 4=1$$



$$W=3(n-1)-2P_5=3(4-1)-2\cdot 3-1=2$$

Замена высших КП низшими

► Условия:

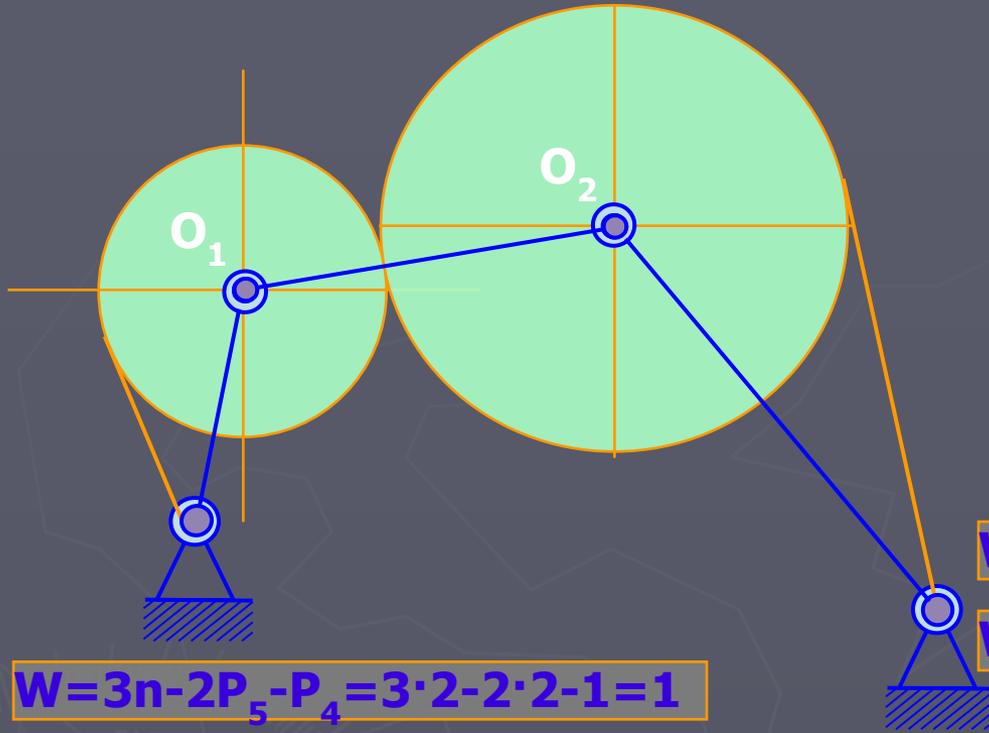
1. Степень подвижности должна остаться неизменной.
2. Относительное движение звеньев должно сохраниться.

$$(W_0 + 1) + (3n - 2P_5) = W_0$$

$$P_5 = (3n + 1) / 2$$

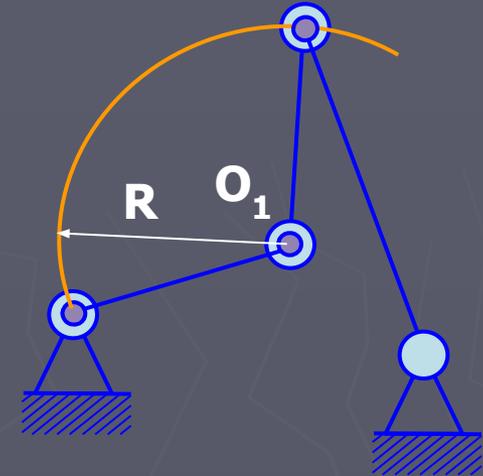
$$n = 1, P_5 = 2$$

Замены высших кинематических пар



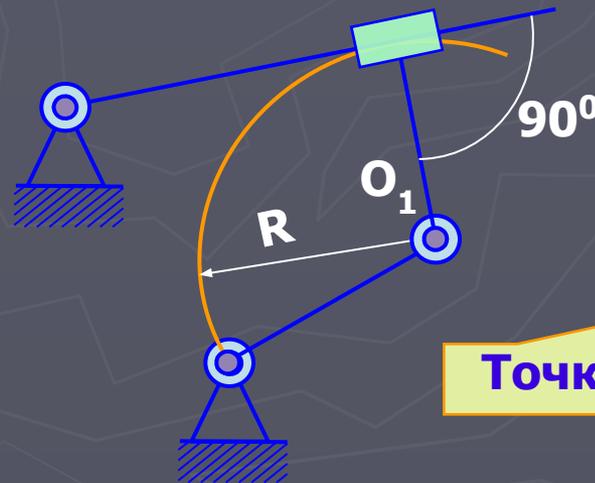
$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$$

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$



$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$$

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$



$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1$$

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

Точка касания

Задачи структурного анализа:

1. Определение степени подвижности
2. Выявление групп Ассура
3. Выявление механизма 1 класса ($W=1$)

выявление числа контуров и числа избыточных связей.

Основные понятия структурного синтеза и анализа.

Подвижность механизма - число независимых обобщенных координат однозначно определяющее положение звеньев механизма на плоскости или в пространстве.

Связь - ограничение, наложенное на перемещение тела по данной координате.

Механизм I класса

- ▶ Это входное звено, соединенное в КП со стойкой
- ▶ Имеет $W=1$
- ▶ Если присоединить к нему КЦ, то получится структурная схема механизма



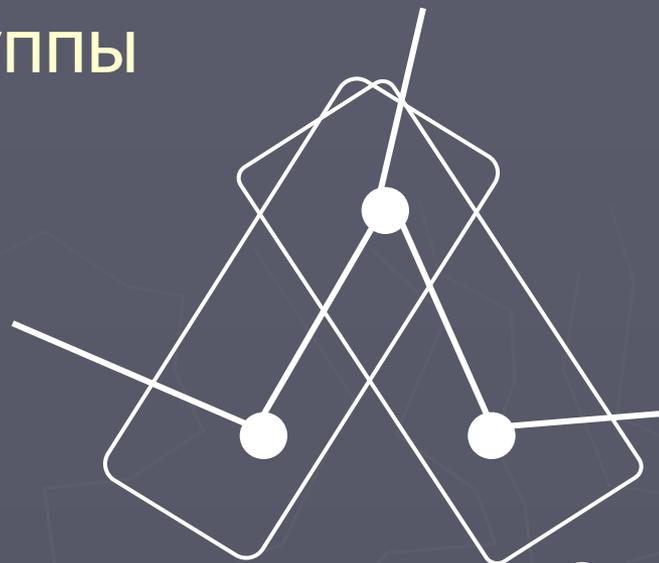
Группа Ассура (структурная группа)- незамкнутая кинематическая цепь с нулевой степенью подвижности.

Класс группы определяется по наивысшему количеству КП, входящих в замкнутый контур.

Порядок группы соответствует количеству элементов КП, с помощью которых группа присоединяется к начальным звеньям и стойке или к звеньям структурных групп

Класс группы

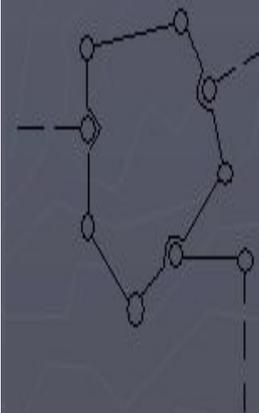
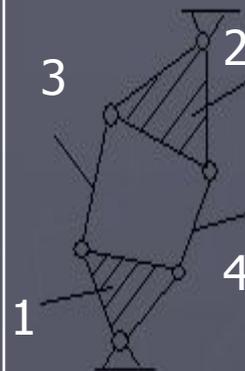
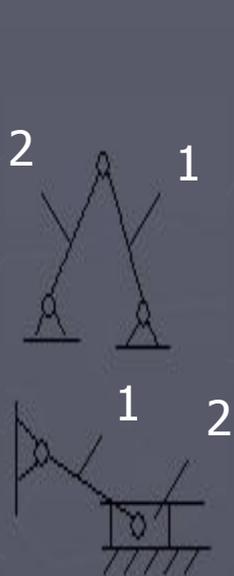
▶ Второй



▶ Третий



Схема



Класс
контура

I

II

III

IV

V

Порядок

1

2

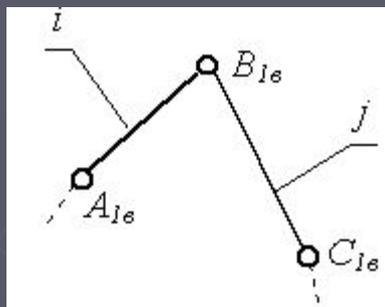
3

2

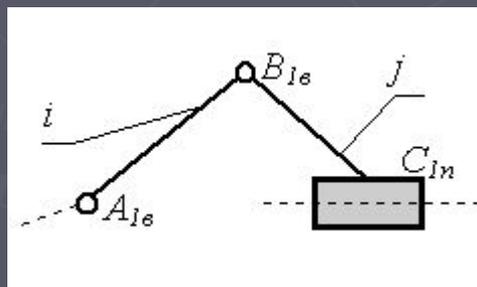
3

Группа Ассура II класса

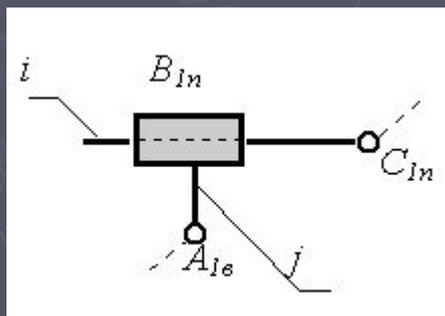
1 ВИД



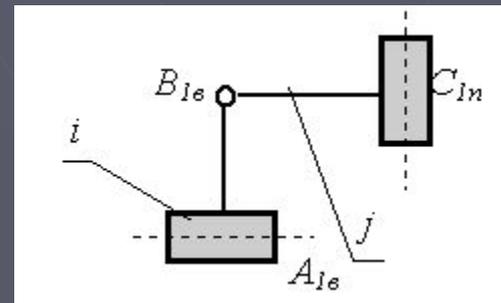
2 ВИД



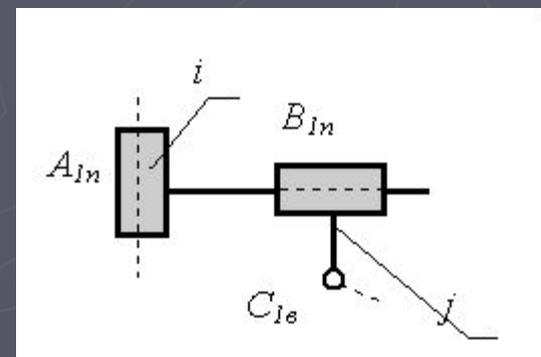
3 ВИД



4 ВИД



5 ВИД



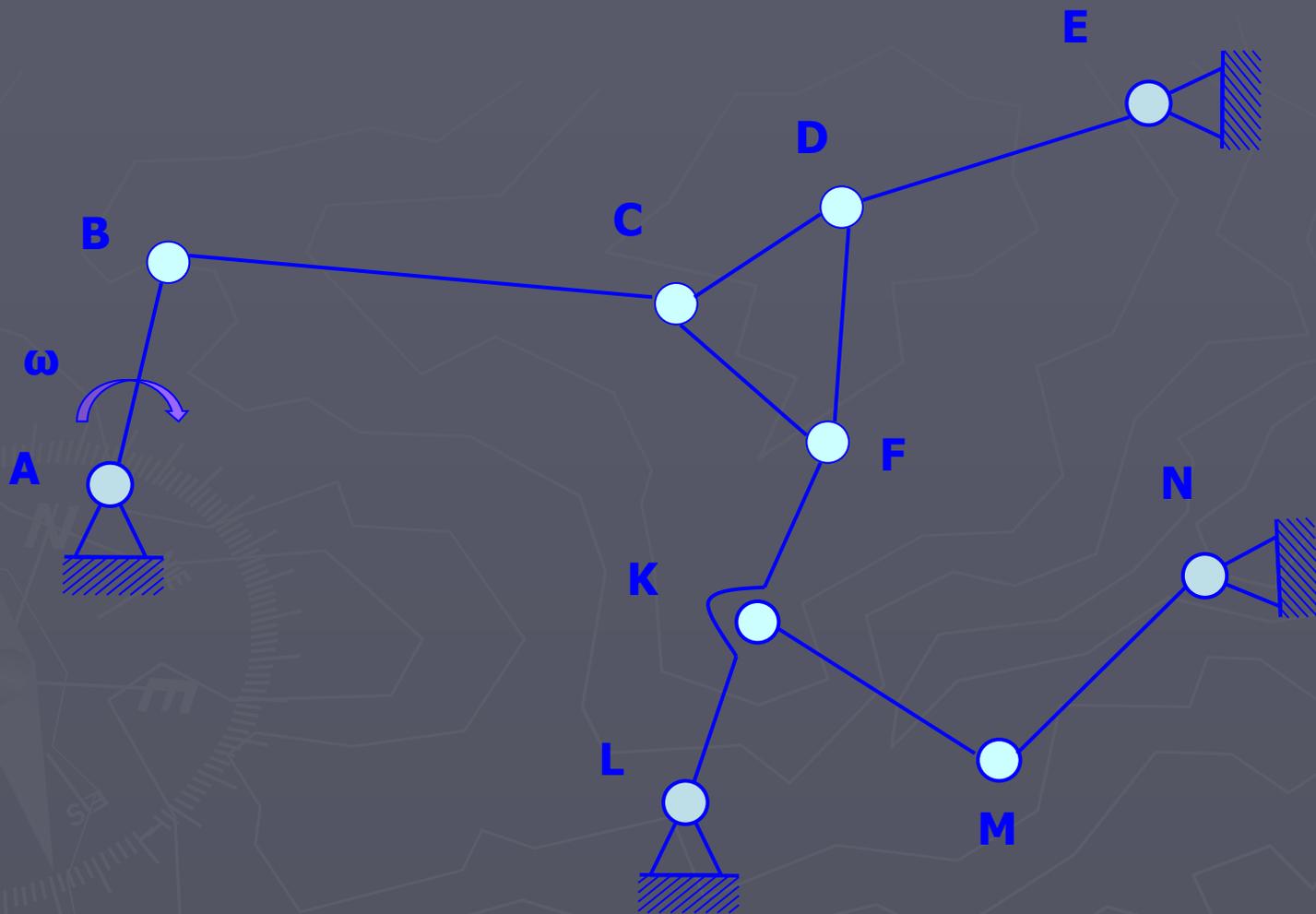
Пример



$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 - 0 = 1$$

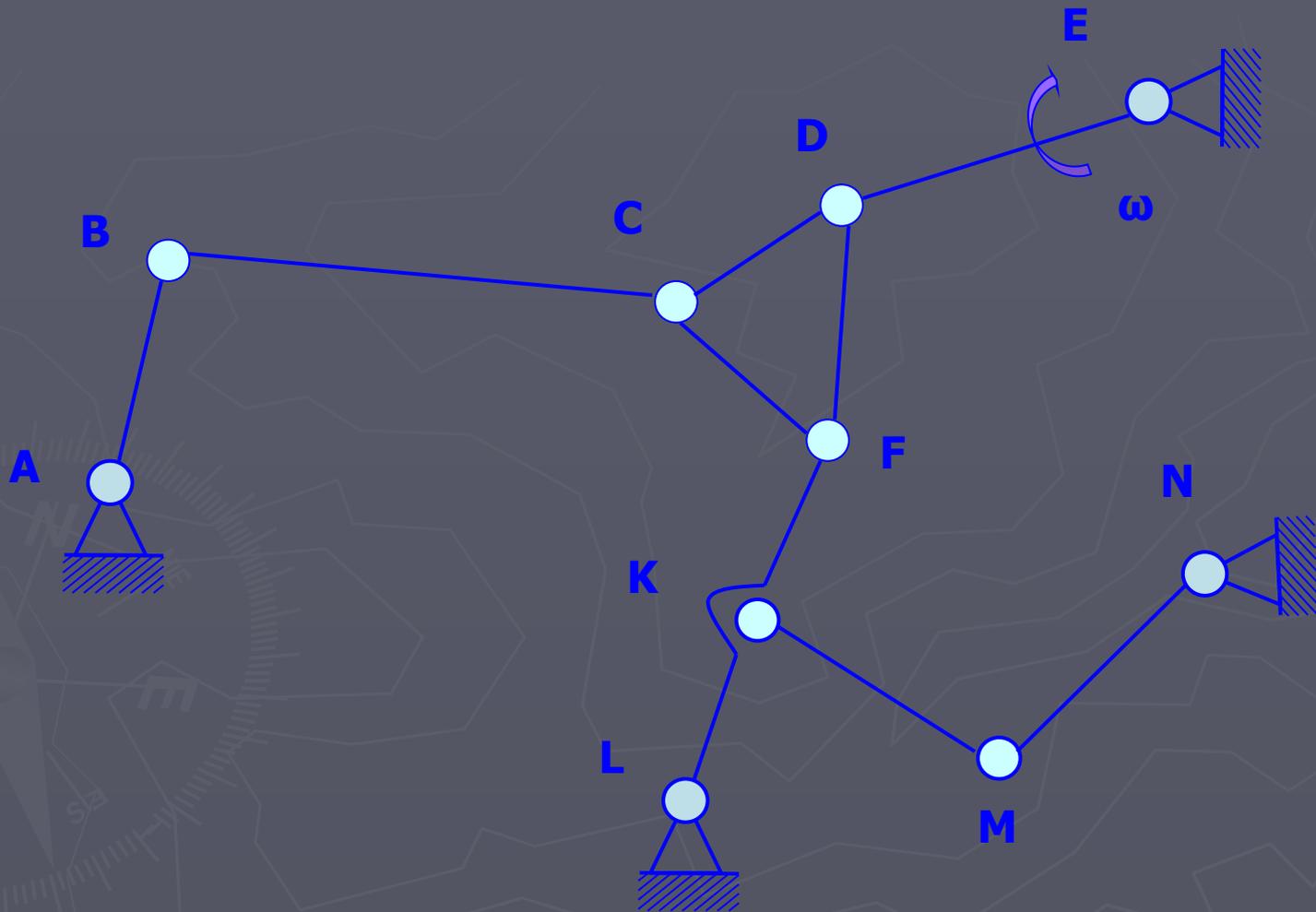
I \rightarrow II₁ \rightarrow II

Пример



I -> III -> II₁ -> III

Пример



I -> II₁ -> II₁ -> II₁ -> II

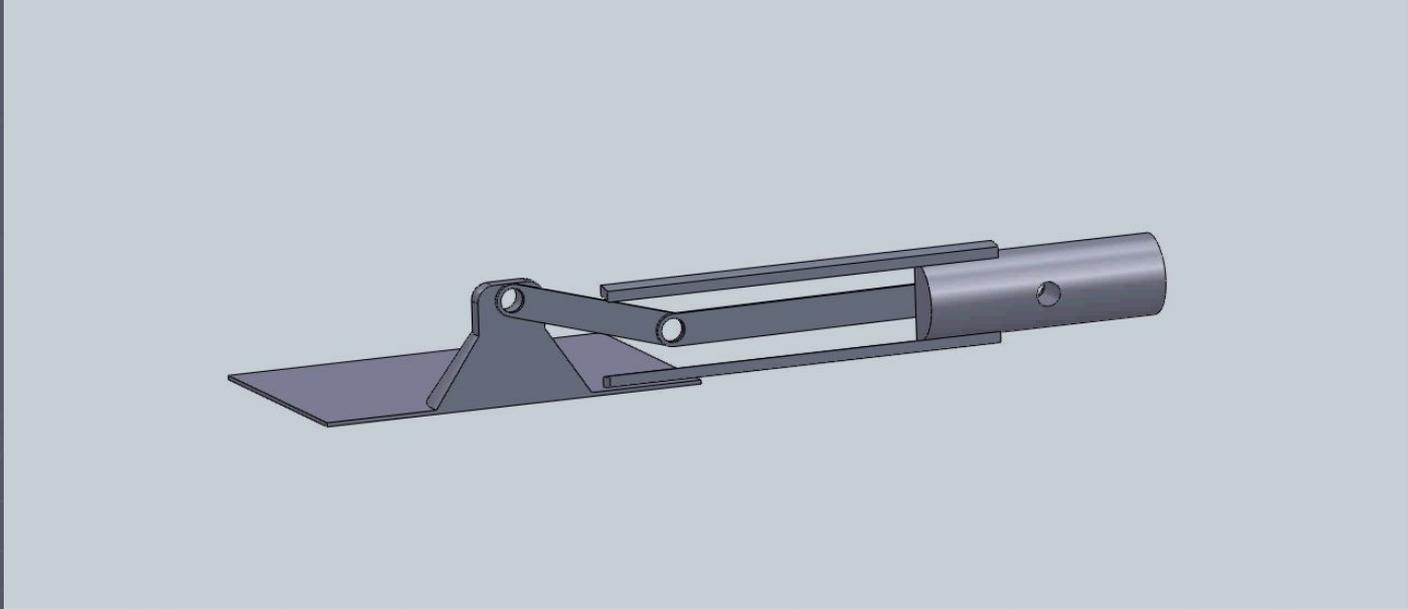
Основные виды рычажных механизмов (механизмы, звенья которых образуют только низшие кинематические пары)

- ▶ *Кривошипно-ползунный механизм*
- ▶ *Четырехшарнирный механизм*
- ▶ *Кулисный механизм*

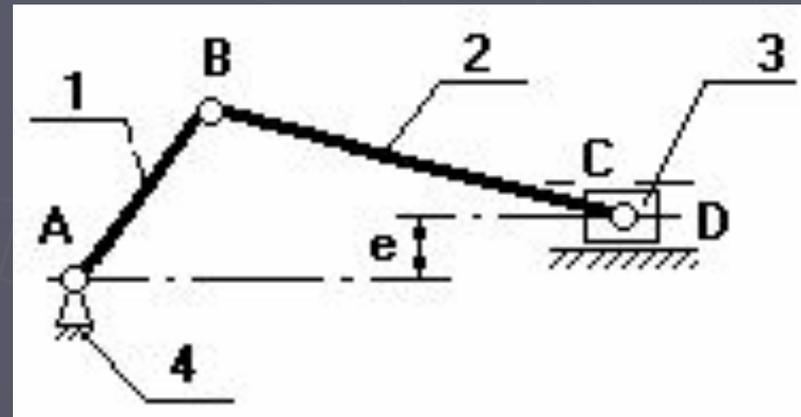
- Кривошип
- Коромысло
- Шатун
- Ползун
- Кулиса



Кривошипно-ползунный механизм



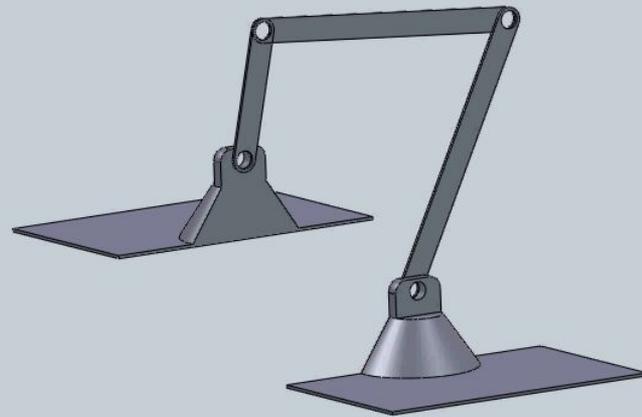
а) центральный



б) внеосный (дезоксимальный)
 e - эксцентриситет

1-кривошип, т.к. звено совершает полный оборот вокруг своей оси;
2-шатун, не связан со стойкой, совершает плоское движение;
3-ползун (поршень), совершает поступательное движение;
4-стойка.

Четырехшарнирный механизм

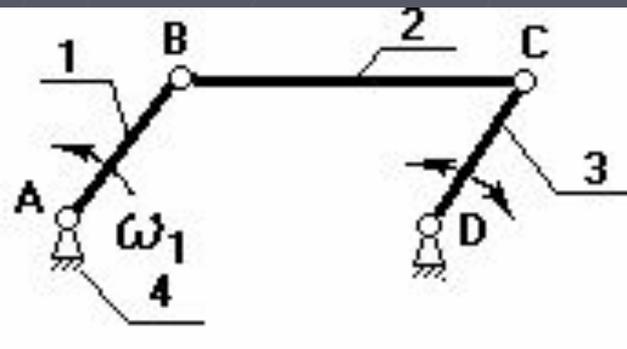


Звенья 1,3 могут быть кривошипами.

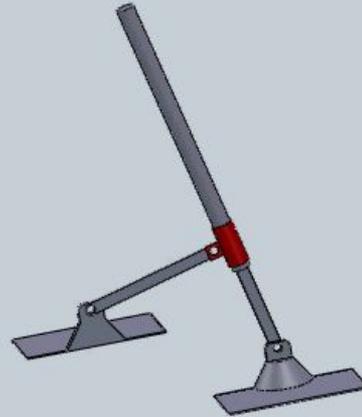
Если зв.1,3 – кривошипы, то механизм двукривошипный.

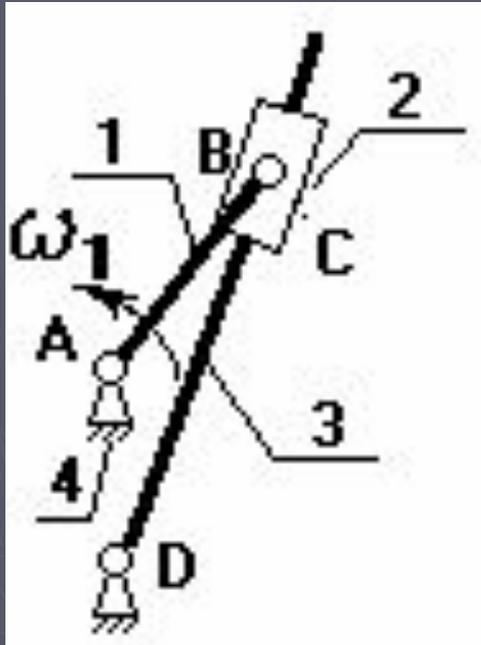
Если зв.1 – кривошип (совершает полный оборот), а зв.3 – коромысло (совершает неполный оборот), то механизм кривошипно-коромысловый.

Если зв.1,3 – коромысла, то механизм двукоромысловый.



Кулисный механизм





1 - кривошип;

2 - камень кулисы (втулка) вместе с зв.1 совершает полный оборот вокруг A (ω_1 и ω_2 одно и то же), а также движется вдоль зв.3, приводя его во вращение;

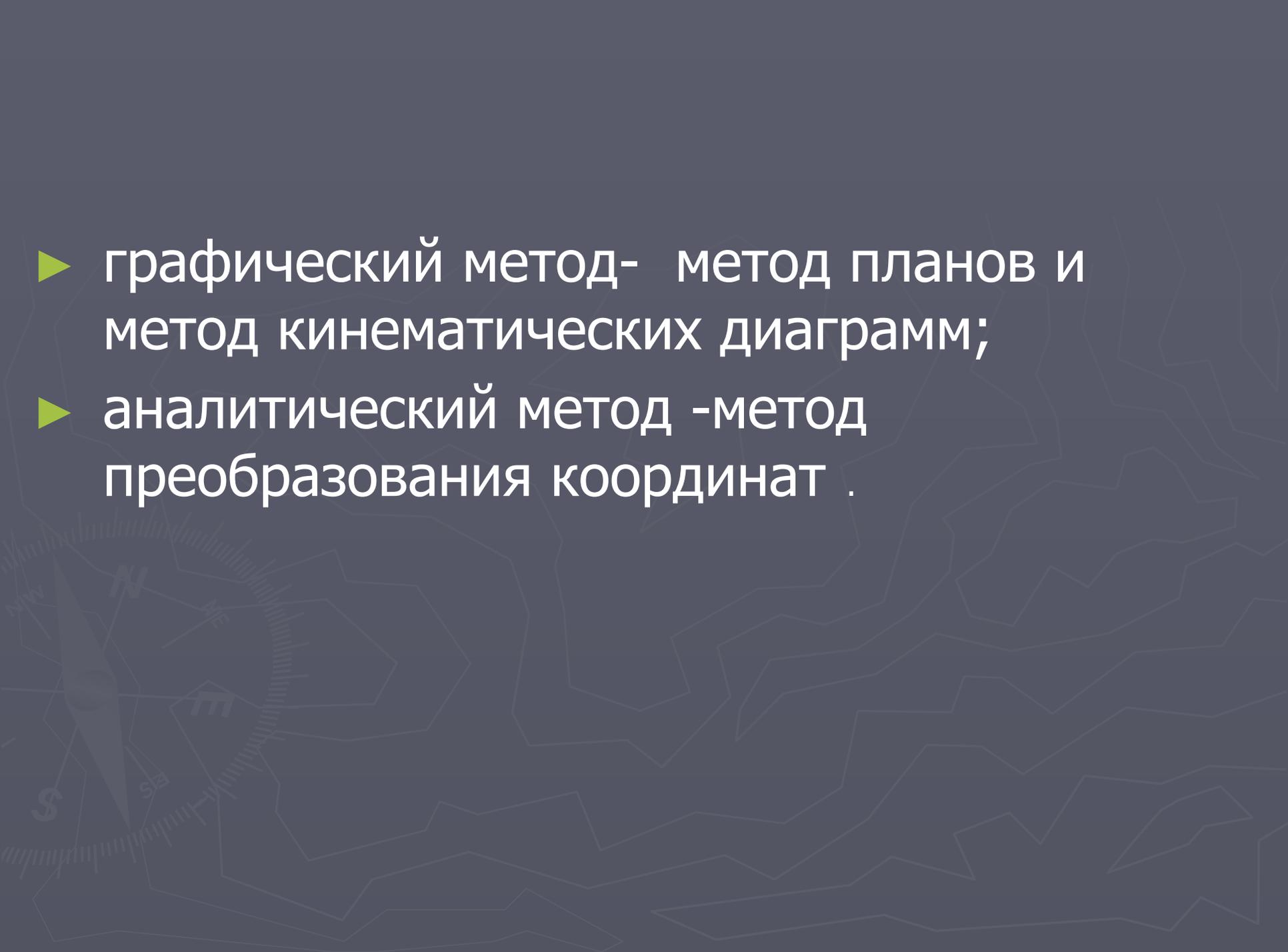
3 - коромысло (кулиса).

Кинематический анализ

- ▶ Структурная схема механизма с указанием ее размеров (кинематическая схема)
- ▶ Закон движения начального звена

Задачи

- ▶ Построение плана положений
- ▶ Построение плана скоростей
- ▶ Построение плана ускорений

- 
- ▶ графический метод- метод планов и метод кинематических диаграмм;
 - ▶ аналитический метод -метод преобразования координат .

Построение плана положений методом засечек

Масштабный коэффициент $\mu_1 = \frac{l_{AB}}{AB}$

