

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Цель курса: Изучение методов расчетов инженерных сооружений на прочность, жесткость и устойчивость

Тема лекции

**Форма проведения и
содержание зачета по
строительной механике**

18.05.2020

ПГУ, лектор Турищев Л.С.

2

Цели лекции:

- ✓ *объяснить форму дистанционного проведения зачета в режиме on-line*
- ✓ *рассмотреть содержание зачета*
- ✓ *напомнить основы кинематического анализа расчётных схем стержневых конструкций*

1. О дистанционной форме проведения зачета в режиме *on-line*

Место и время проведения зачета

Зачет проводится дистанционно в облачном сервисе Classroom платформы Google Apps for Education на сайте университета

Время проведения зачета определяется расписанием летней сессии на сайте университета

Получение студентом допуска к участию в зачете

Для получения допуска к участию в зачете студенту необходимо по коду доступа за 15 минут до времени начала зачета зайти на курс в облачном сервисе Classroom и зарегистрировать свое присутствие на зачете в строке Комментарии словом – присутствую, есть и т.п.

Регистрация студентов для получения допуска к зачету заканчивается после наступления времени начала проведения зачета

Получение студентом допуска к участию в зачете

Студент не прошедший регистрацию студентов в установленное время считается не явившимся на зачет

По истечении времени регистрации студентов, каждый зарегистрированный студент получит допуск в папке Зачет к своему индивидуальному тесту для сдачи зачета по курсу

Действия студента после получения допуска к зачету

Откройте тест, выполните его в установленное время.

До истечения установленного времени отправьте тест на проверку

Время выполнения теста 30 минут и после его истечения допуск к тесту закрывается

Студент не отправивший тест до истечения времени выполнения теста считается не сдавшим зачет

Структура теста

Тест. Зачет по строительной механике Ч.1



Тест состоит из трех разделов:

- общая информация;
- тестовые задания первого уровня
- тестовые задания второго уровня

Общая информация включает описание теста, вопросы о номере группы, ФИО студента и дате зачета.

Тестовые задания первого уровня содержат вопросы для проверки понимания и усвоения основных понятий, принципов, определений первой части курса.

Тестовые задания второго уровня содержат задачи для проверки умений решать типовые задачи первой части курса.

Ответы на все вопросы разделов теста являются обязательными.

Общее количество баллов теста 100. Для успешного прохождения теста и получения зачета необходимо набрать не менее 50% от общего количества баллов теста.

Структура теста

Группа *



Краткий ответ

ФИО студента *

Краткий ответ

Дата зачета *

Краткий ответ

Структура теста

Тестовые задания первого уровня



Данный раздел включает 10 тестовых заданий. В каждом тестовом задании необходимо выбрать правильный ответ или правильные ответы из представленных вариантов ответов.

Тестовые задания второго уровня



Данный раздел включает решение 3 типовых задач. В результате их решения, используя представленные варианты ответов, укажите полученные Вами ответы или запишите требуемые ответы в строке в форме, указанной в задаче.

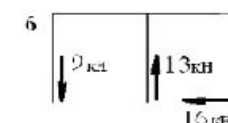
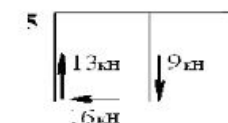
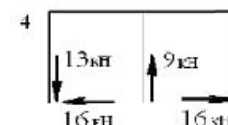
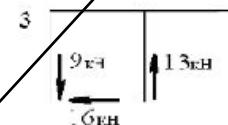
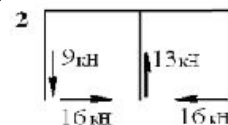
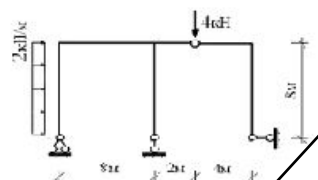
Пример тестового задания первого уровня

Сравните изгибающие моменты трехшарнирной арки и балки при одинаковых пролетах и схемах нагружения вертикальной нагрузкой:

- ☐ изгибающие моменты арки существенно меньше балочных изгибающих моментов
- ☐ изгибающие моменты арки несущественно меньше балочных изгибающих моментов
- ☐ изгибающие моменты арки существенно больше балочных изгибающих моментов
- ☐ изгибающие моменты арки несущественно больше балочных изгибающих моментов
- ☐ изгибающие моменты арки равны балочным изгибающим моментам

Пример тестового задания первого уровня

Запишите номер правильной схемы опорных реакций заданной рамы



Стоимость тестовых заданий

1.Десять тестовых заданий 1-го уровня.

***Основные понятия, определения, алгоритмы
и формулы - 40 баллов***

2.Три тестовых задания 2-го уровня.

Типовые задачи - 60 баллов

Критерий получения студентом зачета

Студент считается сдавшим зачет, если при выполнении тестовых заданий число полученных им баллов удовлетворяет условию ≥ 50 баллов

2.Содержание зачета по строительной механике

Структура курса

*1-ая часть. Статически определимые
стержневые системы*

*2-ая часть. Статически неопределимые
стержневые системы*

*3-ья часть. Основы динамики и устойчивости
сооружений*

Части курса выносимые на зачет

*1-ая часть. Статически определимые
стержневые системы*

Содержание 1-ой части курса, выносимое на зачет

М-1. Введение в строительную механику.

М-2. Методы определения внутренних усилий от неподвижной нагрузки в статически определимых плоских стержневых конструкциях.

М-3. Методы определения внутренних усилий от подвижной нагрузки в статически определимых плоских стержневых конструкциях.

~~**М-4.** Расчет статически определимых плоских ферм.~~

~~**М-5.** Расчет трехшарнирных арок.~~

М-6. Определение перемещений в стержневых конструкциях.

Материалы к зачету

УМК Часть 1

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
для студентов специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»

Часть 1
СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ

Составление и общая редакция
Л.С. Туришцева

Нового издания 2005

18.05.2020

ПГУ, кафедра механики

20

Материалы к зачету

**Материалы
для подготовки к зачету по строительной механике на 4 курсе
заочной формы обучения на специальности ПГС**

1.Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня. *Основные понятия, определения, алгоритмы и формулы*

М-1.Введение в строительную механику

М-2.Методы определения внутренних усилий от неподвижной нагрузки в плоских статически |определимых стержневых конструкциях

М-3.Методы определения внутренних усилий от подвижной нагрузки в плоских статически определимых стержневых конструкциях

М-6.Определение перемещений в стержневых конструкциях

2.Перечень типовых задач к тестовым заданиям второго уровня.

Материалы рассмотрены и утверждены на заседании кафедры 17.04.2020, протокол №14

Все материалы размещены в облачном сервисе Classroom

Материалы модуля М-1
***Введение в строительную
механику***

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

- 1. Что называется прочностью конструкции?*
- 2. Что называется жесткостью конструкции?*
- 3. Чем занимается строительная механика в узком смысле слова?*
- 4. По каким направлениям осуществляется схематизации конструкции при образовании ее расчетной модели?*
- 5. Что называется расчетной схемой конструкции?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

6. Какие существуют виды внешних воздействий на конструкции?

7. Что называется кривой равновесных состояний конструкции?

8. Что называется линейно деформируемой системой?

9. Что называется нелинейно деформируемой системой?

10. В чем заключается суть принципа независимости действия сил?

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

- 11. В чем заключается суть принципа неизменности начальных размеров?*
- 12. Как разделяются расчетные схемы стержневых конструкций по статическому признаку?*
- 13. Как разделяются расчетные схемы стержневых конструкций по кинематическому признаку?*
- 14. Какова взаимосвязь кинематических и статических признаков расчетных схем стержневых конструкций?*
- 15. Когда стержневая конструкция считается геометрически неизменяемой системой?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

16. Какие бывают виды геометрически неизменяемых систем?

17. Когда стержневая конструкция считается геометрически изменяемой системой?

18. Какие бывают виды геометрически изменяемых систем?

19. К каким результатам может приводить подсчет числа степеней свободы стержневой конструкции?

20. Какова последовательность кинематического анализа стержневой конструкции?

Материалы модуля М-2

Методы определения внутренних усилий от неподвижной нагрузки в плоских статически определимых стержневых конструкциях

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня модуля

- 1. Что позволяет делать метод сечений и какова последовательность действий этого метода?*
- 2. В чем особенность определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях?*
- 3. Какие существуют формы определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях?*
- 4. Какие существуют виды статически определимых стержневых конструкций?*
- 5. Что показывает монтажная схема составной статически определимой стержневой конструкции?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня модуля

- 6. Какие виды элементов различают на монтажной схеме, и каковы их отличительные признаки?*
- 7. Сколько свойств у статически определимых стержневых конструкций и как они формулируются?*
- 8. На чем основана аналитическая форма определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня модуля

9. Какие существуют разновидности аналитической формы определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях?

10. На чем основан статический метод определения внутренних усилий в статически определимых стержневых конструкциях и какие существуют его разновидности?

Материалы модуля М-3

***Методы определения внутренних
усилий от подвижной нагрузки в
плоских статически определимых
стержневых конструкциях***

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

- 1. Какие существуют виды подвижных нагрузок?*
- 2. Что такое опасное положение подвижной нагрузки?*
- 3. Что называется функцией влияния внутреннего усилия?*
- 4. Что называется линией влияния внутреннего усилия?*
- 5. Что показывает ордината линии влияния внутреннего усилия?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

- 6. Чем отличается линия влияния внутреннего усилия от эпюры аналогичного внутреннего усилия?*
- 7. Какие существуют способы построения линий влияния внутренних усилий?*
- 8. На чем основан статический способ построения линий влияния внутренних усилий и в чем его суть?*
- 9. На чем основан кинематический способ построения линий влияния внутренних усилий и в чем его суть?*
- 10. Каков общий порядок построения линий влияния внутренних усилий кинематическим способом?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

11. Как по линии влияния определяются внутренние усилия от различных видов постоянной нагрузки (сосредоточенная сила, система сосредоточенных сил, распределенная нагрузка, сосредоточенный момент, система сосредоточенных моментов)?

12. Как по линиям влияния определяются $\max$ и $\min$ значения внутренних усилий от временной нагрузки?

13. Каковы размерности ординат линий влияния опорных реакций, изгибающих моментов, поперечных сил?

14. Что лежит в основе определения внутренних усилий в стержнях простых ферм комбинированным методом?

Материалы модуля М-6
***Определение перемещений в
стержневых конструкциях***

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

- 1. Что называется деформацией конструкции?*
- 2. Каковы цели определения перемещений конструкции?*
- 3. Что такое жесткость и податливость конструкции?*
- 4. От чего зависит жесткость конструкции?*
- 5. Чем характеризуется жесткость конструкционного материала?*

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

11. Что называется единичным перемещением, и какие бывают его разновидности?

12. В чем заключается суть закона Гука для конструкции?

13. Какой вид имеет формула Максвелла-Мора при определении перемещений в произвольной плоской стержневой конструкции?

14. Какой вид имеет формула Максвелла-Мора при определении перемещений в фермах?

15. Какой вид имеет формула Максвелла-Мора при определении перемещений в балках и рамах?

Перечень вопросов к тестовым заданиям 1-го уровня

16.Какой вид имеет формула для определения перемещений от температуры в плоских статически определимых стержневых конструкциях?

17.Какой вид имеет формула для определения перемещений от осадки в плоских статически определимых стержневых конструкциях?

18.Для чего служит правило Верещагина?

19.Как формулируется правило Верещагина?

20.Каковы границы применения правила Верещагина?

Перечень типовых задач к тестовым заданиям второго уровня

Перечень типовых задач к тестовым заданиям 2-го уровня

- 1. Определение кинематических и статических признаков плоских стержневых конструкций.*
- 2. Определение внутренних усилий в статически определимых рамах от неподвижной нагрузки.*

Примерные схемы стержневых систем и рам приведены в материалах, размещенных в облачном сервисе Classroom

Какие есть вопросы?



Тогда идем дальше.



2. Основы кинематического анализа стержневых конструкций

2.1. Статические и кинематические признаки расчетных схем конструкций

Разделение расчетных схем конструкций по статическим признакам

✓ *Статически определимые*

✓ *Статически неопределимые*

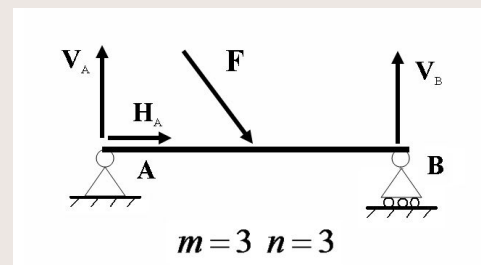
✓ *Статически противоречивые*

Числовые критерии статического признака расчётной схемы конструкции

Числовые критерии статического признака расчётной схемы конструкции

✓ Число уравнений
равновесия – m

Числовые критерии статического признака расчётной схемы конструкции

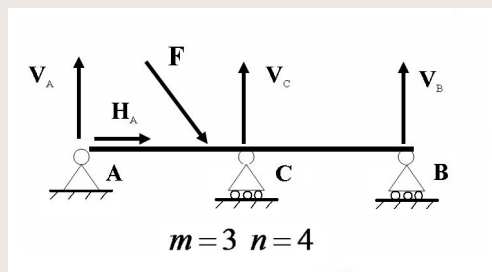


- ✓ Число уравнений равновесия – m
- ✓ Число неизвестных величин – n

$$m = n$$

Конструкция статически определимая

Числовые критерии статического признака расчётной схемы конструкции

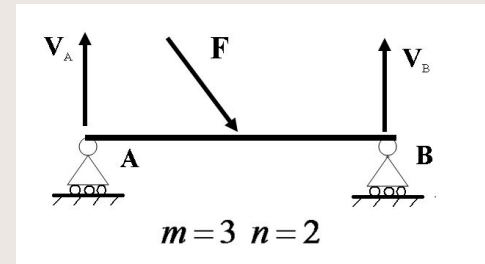


- ✓ Число уравнений равновесия – m
- ✓ Число неизвестных величин – n

$$m < n$$

Конструкция статически неопределимая

Числовые критерии статического признака расчётной схемы конструкции



- ✓ Число уравнений равновесия – m
- ✓ Число неизвестных величин – n

$$m > n$$

Конструкция статически противоречивая

Числовые критерии статического признака расчетной схемы конструкции

$$m = n$$

$$m < n$$

$$m > n$$

являются необходимым, но недостаточным условием для однозначного установления статического признака расчетной схемы конструкции

Разделение расчетных схем конструкций по кинематическим признакам

✓ ~~Геометрически изменяемые~~

Не могут использоваться в качестве расчетных схем конструкций зданий

✓ Геометрически неизменяемые

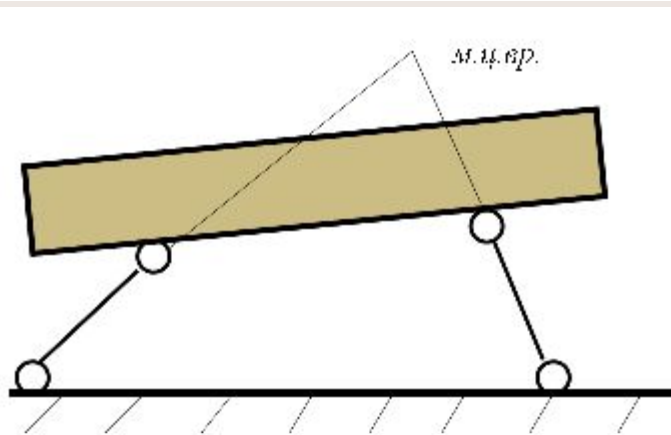
Используются в качестве расчетных схем конструкций зданий

Основа разделения - возможность возникновения в конструкции перемещений без учёта деформаций материала

Кинематические признаки по сравнению со статическими являются более глубокими и физически естественными

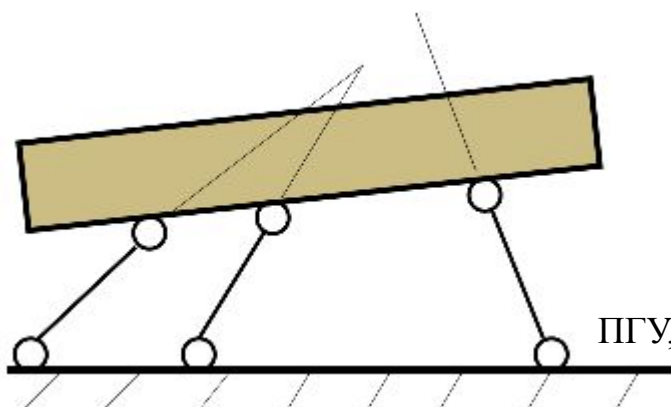
Типы геометрически изменяемых систем

✓ С конечной изменяемостью



Признаком таких систем является существование у них мгновенного центра вращения в любой момент времени

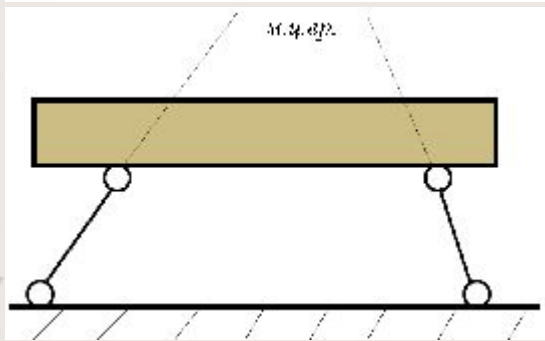
✓ С мгновенной изменяемостью



После возникновения перемещений система становится геометрически неизменяемой

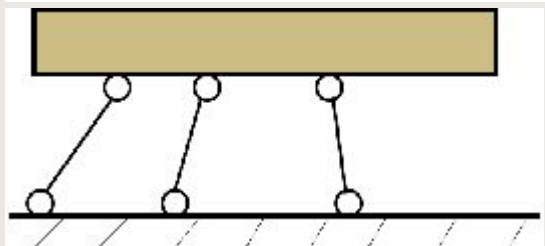
Типы геометрически неизменяемых систем

✓ Геометрически неизменяемые системы с необходимым числом связей



В таких системах удаление одного элемента превращает их в геометрически изменяемые

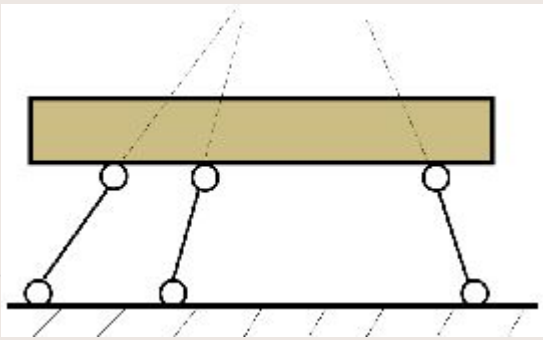
✓ Геометрически неизменяемые системы с избыточным числом связей



В таких системах удаление одного элемента не превращает их в геометрически изменяемые

Типы геометрически неизменяемых систем

✓ Геометрически неизменяемые системы с необходимым числом связей



В таких системах удаление одного элемента превращает их в геометрически изменяемые

✓ Геометрически неизменяемые системы с избыточным числом связей



Связь, которую можно удалить без нарушения геометрической неизменяемости системы, называется условно необходимой

Взаимосвязь кинематических и статических признаков систем

➤ *Геометрически изменяемые системы с любым типом изменяемости — статически противоречивые системы*

Взаимосвязь кинематических и статических признаков систем

- Геометрически изменяемые системы с любым типом изменяемости — статически противоречивые системы
- Геометрически неизменяемые системы с необходимым числом связей — статически определимые системы

Взаимосвязь кинематических и статических признаков систем

- Геометрически изменяемые системы с любым типом изменяемости — статически противоречивые системы
- Геометрически неизменяемые системы с необходимым числом связей — статически определимые системы
- Геометрически неизменяемые системы с избыточным числом связей - статически неопределимые системы

Взаимосвязь кинематических и статических признаков систем

➤ *Геометрически изменяемые системы с любым типом изменяемости — статически противоречивые системы*

Таким образом, установление кинематического признака расчетной схемы конструкции позволит сделать заключение и о её статическом признаке

➤ *Геометрически неизменяемые системы с избыточным числом связей - статически неопределимые системы*

Какие есть вопросы?



Тогда идем дальше.



2.2.Базовые понятия кинематического анализа

18.05.2020

ПГУ, лектор Турищев Л.С.

62

Число степеней свободы

Количество независимых возможных перемещений тела или системы тел, которые происходят без деформаций материала

W

Диск

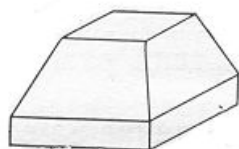
Любое недеформируемое твердое тело

*Любая геометрически неизменяемая часть
конструкции*

*Обладает 3 степенями свободы на плоскости и
6 степенями свободы в пространстве*

Примеры дисков

Любая несущая конструкция



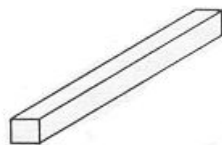
$W=6$



$W=6$



$W=6$



$W=3$

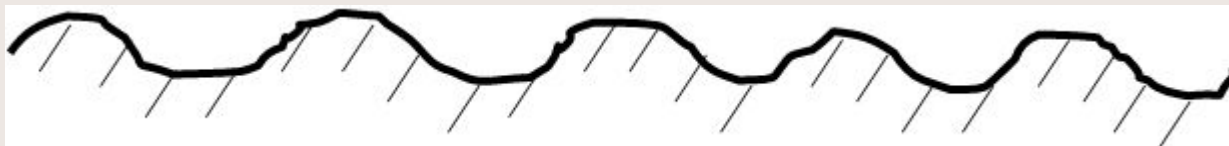


Диск «земля»

Особое место среди дисков занимает основание, к которому крепится конструкция

Поскольку для реальных конструкций таким основанием является земная поверхность, то он называется и считается условно неподвижным диском, так как при расчетах движение нашей планеты не учитывается

$$W=0$$



Узел

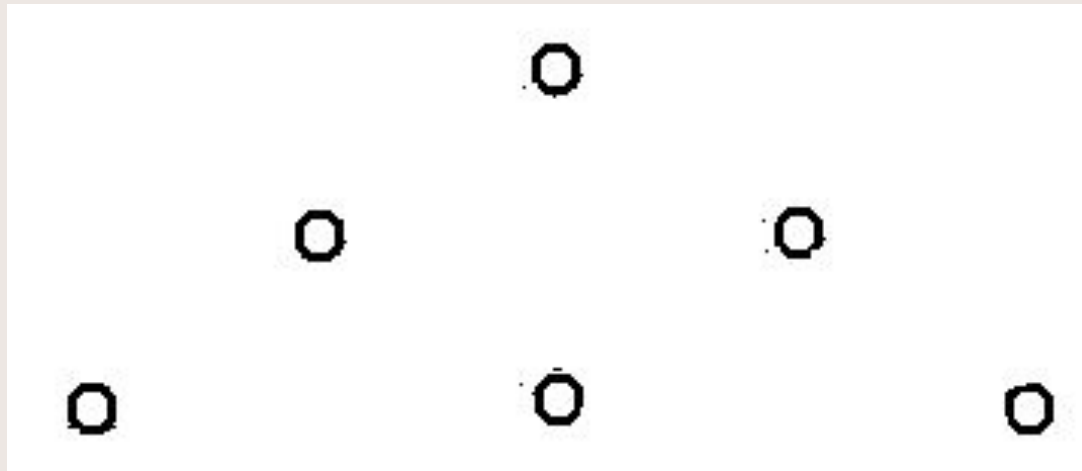
Независимая материальная точка

*Любая точка конструкции, не принадлежащая
дискам*

*Обладает 2 степенями свободы на плоскости и 3
степенями свободы в пространстве*

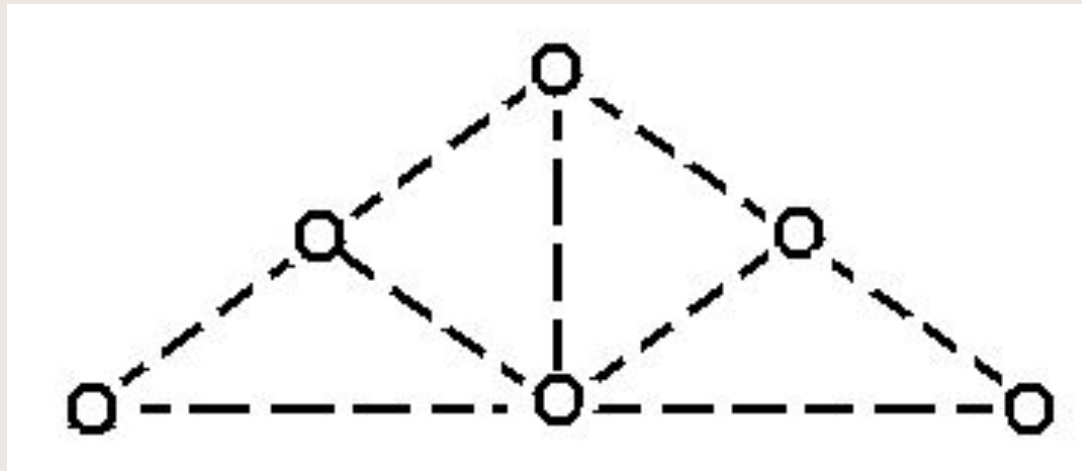
Примеры узлов

Шарниры плоских стержневых систем



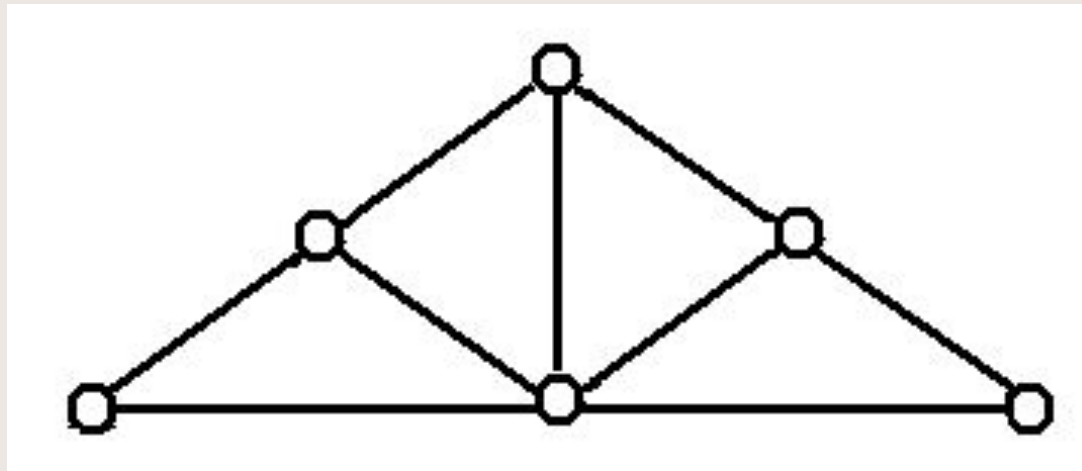
Примеры узлов

Шарниры плоских стержневых систем



Примеры узлов

Шарниры плоских стержневых систем



Кинематическая связь и ее виды

Механическое устройство, уничтожающее степени свободы

Виды кинематических связей:

Внутренние связи

Внешние связи

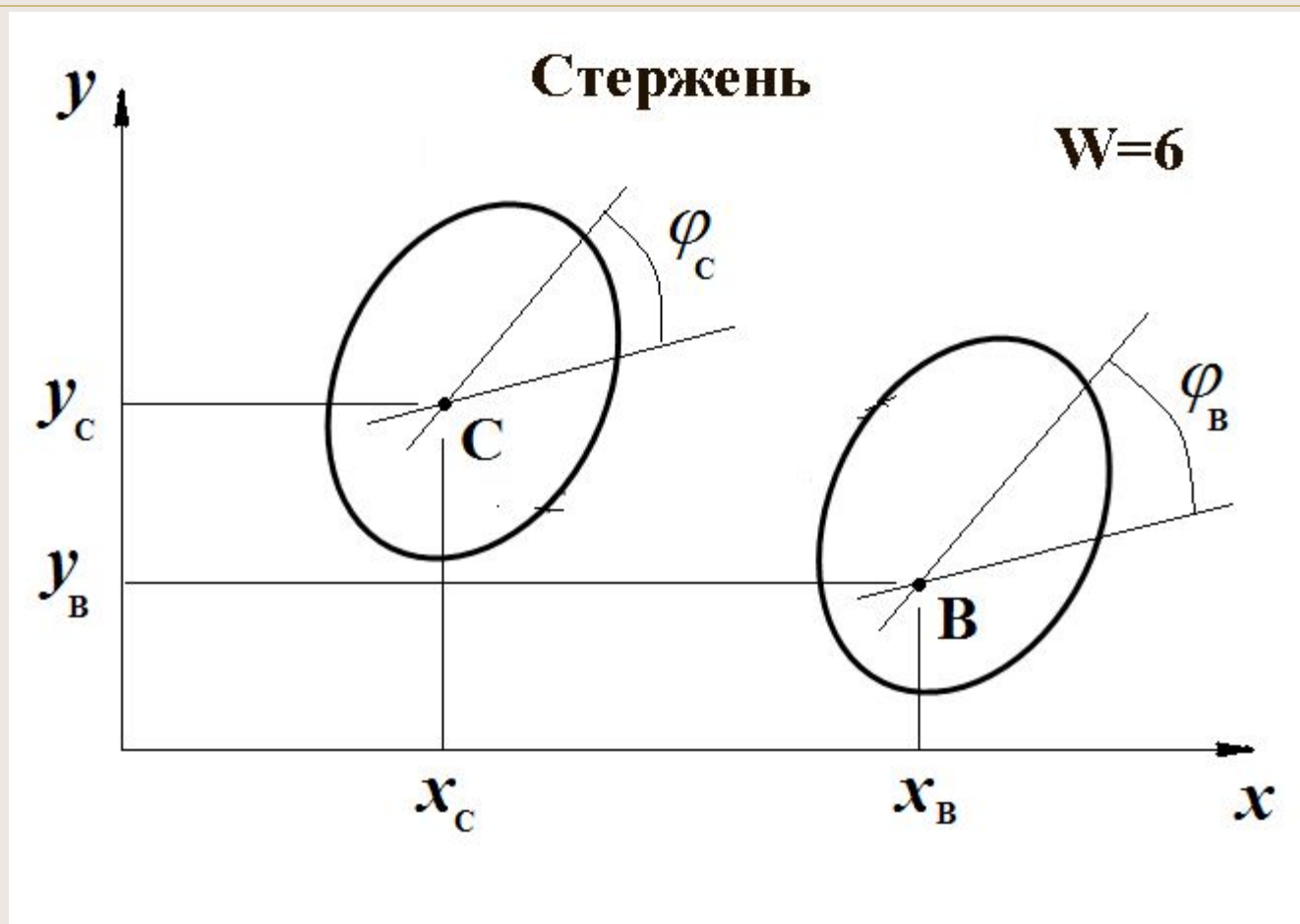
Основные типы внутренних связей

Стержень

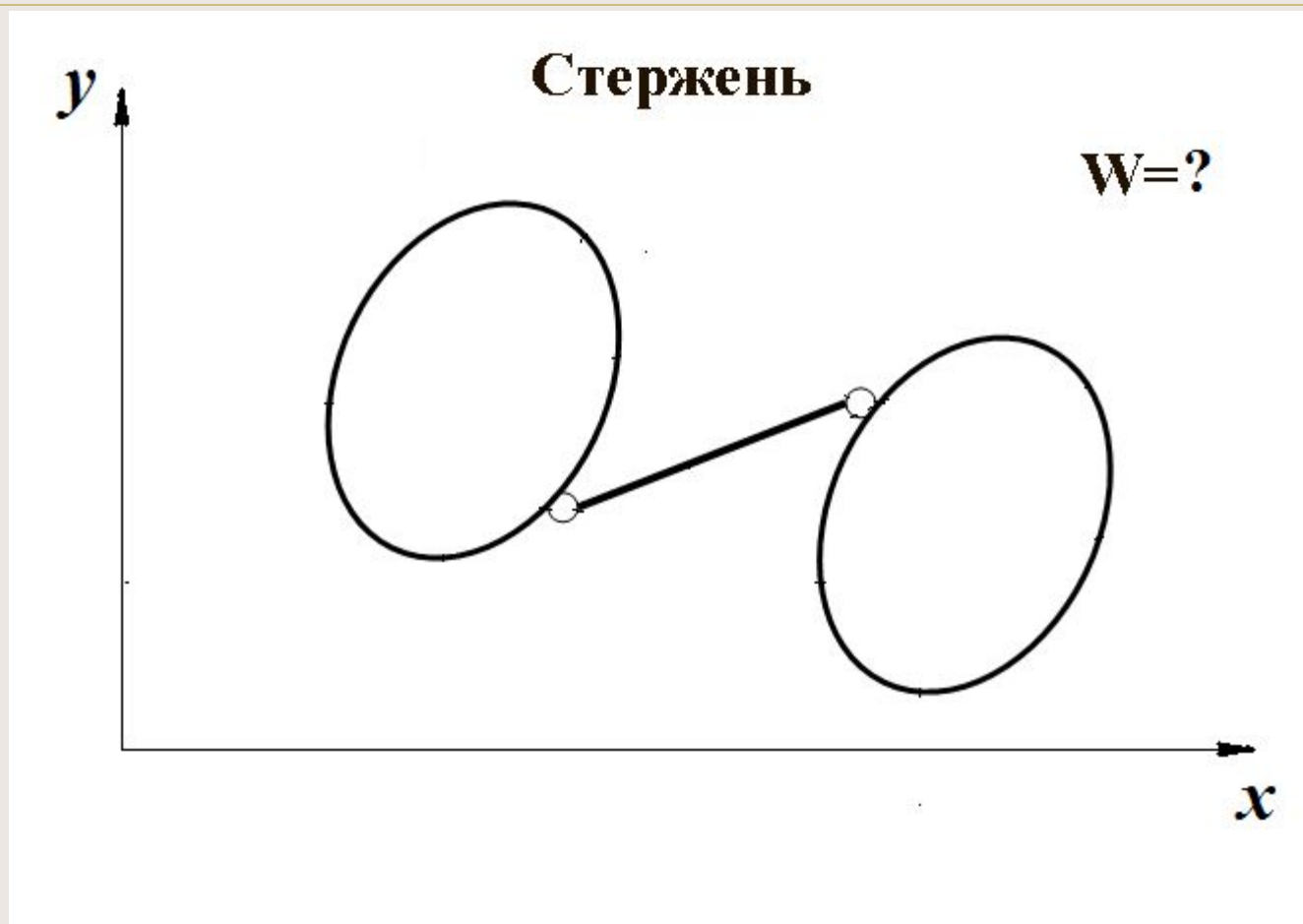
Основные типы внутренних связей



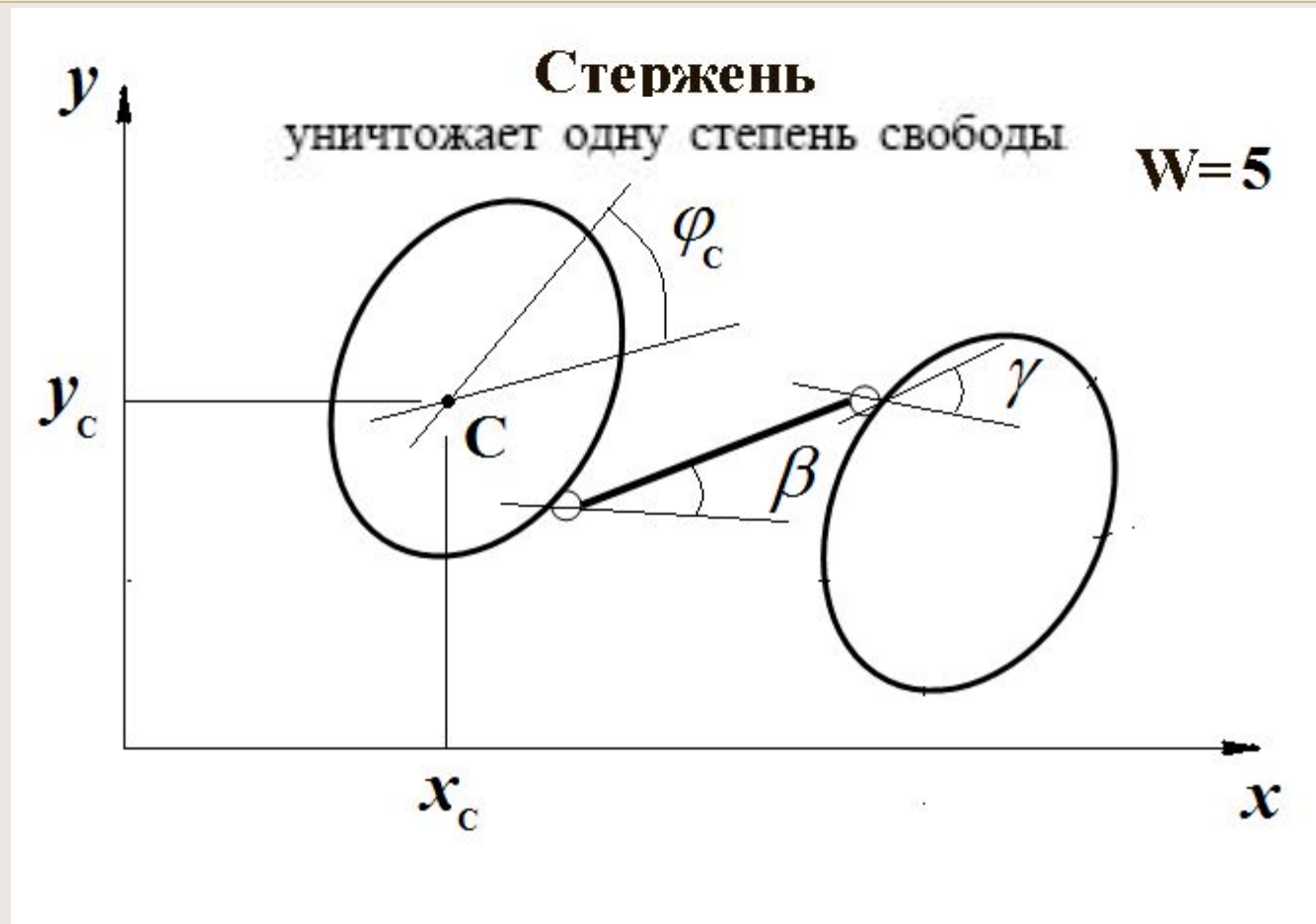
Основные типы внутренних связей



Основные типы внутренних связей



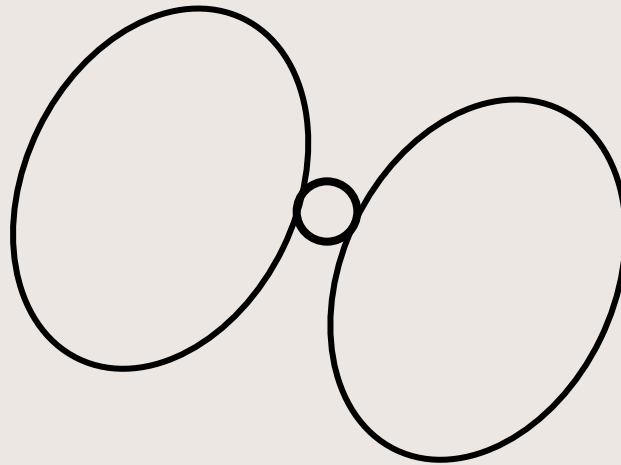
Основные типы внутренних связей



Основные типы внутренних связей

Цилиндрический шарнир

$W=6$

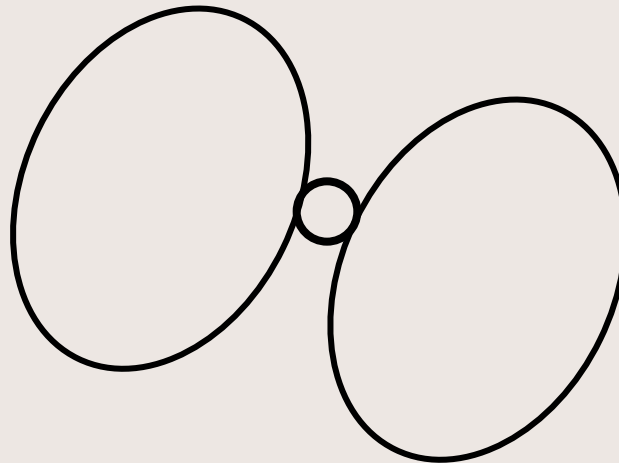


Основные типы внутренних связей

Цилиндрический шарнир

уничтожает две степени свободы.

$$W=4$$



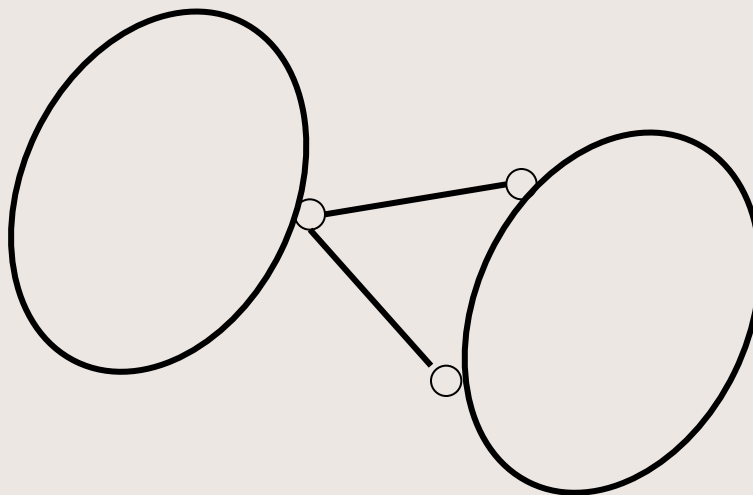
Цилиндрический шарнир эквивалентен двум стержням

Основные типы внутренних связей

Цилиндрический шарнир

уничтожает две степени свободы.

$$W=4$$



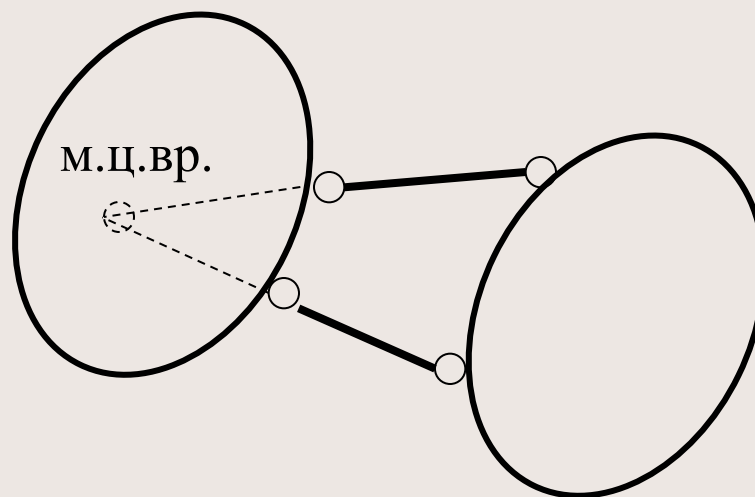
Цилиндрический шарнир эквивалентен двум стержням

Основные типы внутренних связей

Два любых стержня могут рассматриваться как некоторый шарнир.

$$W=4$$

**Фиктивный
шарнир**



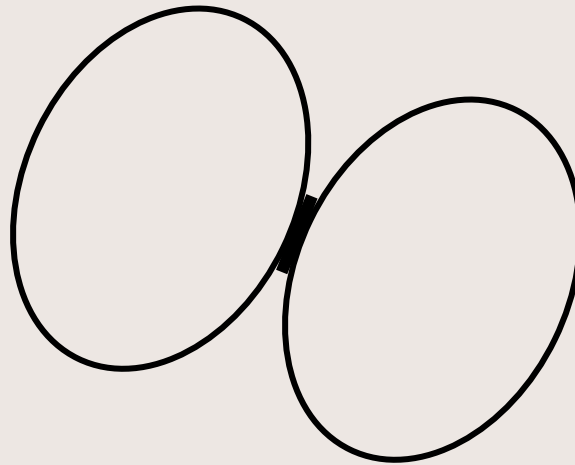
роль которого играет мгновенный центр вращения

Основные типы внутренних связей

Жесткое соединение

уничтожает три степени свободы

$$W=3$$



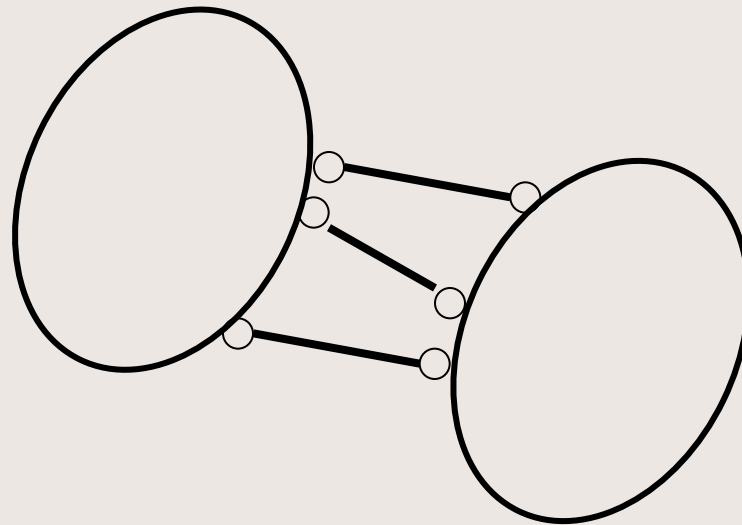
Жесткое соединение эквивалентно трем стержням

Основные типы внутренних связей

Жесткое соединение

уничтожает три степени свободы

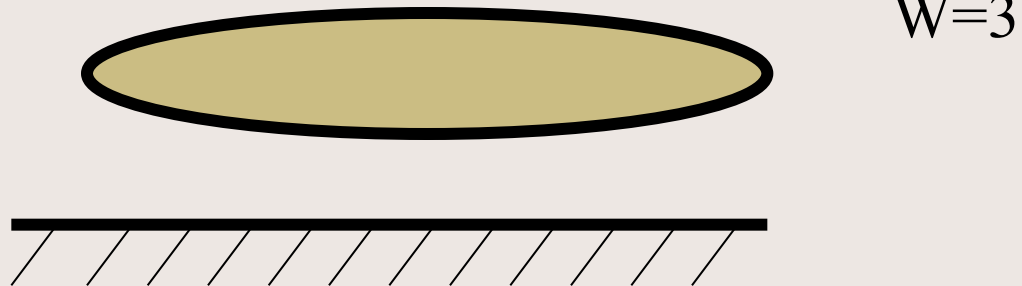
$$W=3$$



Жесткое соединение эквивалентно трем стержням

Основные типы внешних связей

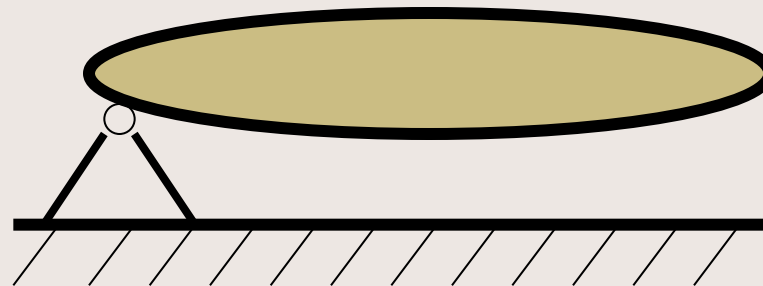
Шарнирно неподвижная опора



Основные типы внешних связей

Шарнирно неподвижная опора

уничтожает две степени свободы.



$W=1$

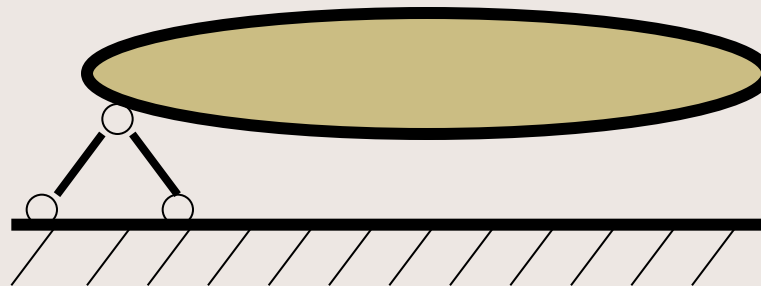
*Шарнирно неподвижная опора эквивалентна двум
стержням*

Основные типы внешних связей

Шарнирно неподвижная опора

уничтожает две степени свободы.

$$W=1$$

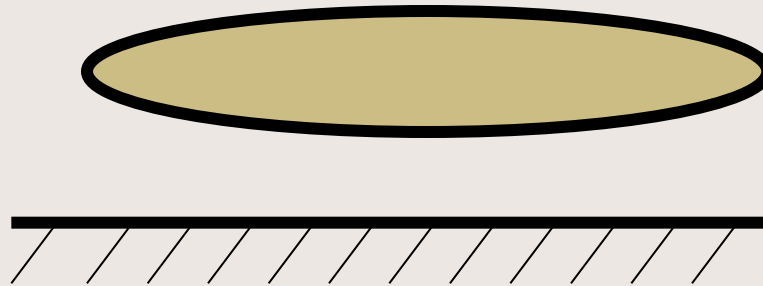


Шарнирно неподвижная опора эквивалентна двум стержням

Основные типы внешних связей

Шарнирно подвижная опора

$$W=3$$

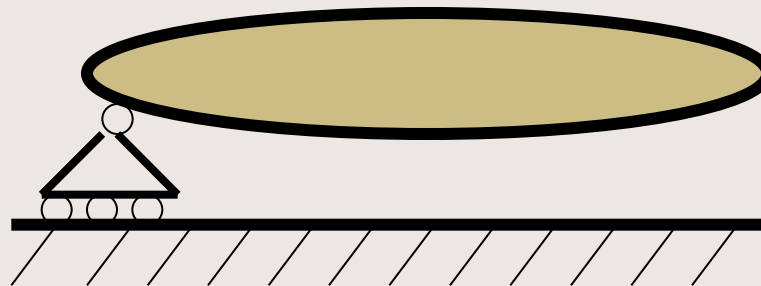


Основные типы внешних связей

Шарнирно подвижная опора

уничтожает одну степень свободы

$$W=2$$



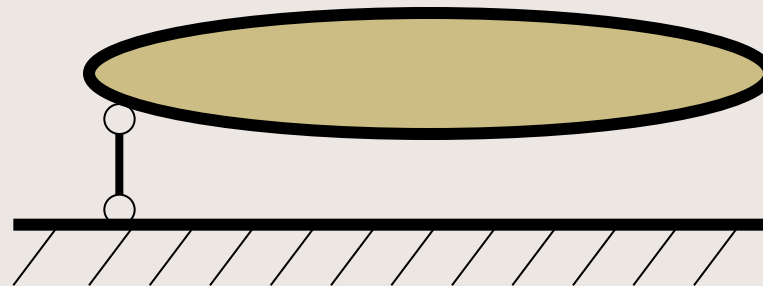
Шарнирно подвижная опора эквивалентна одному стержню

Основные типы внешних связей

Шарнирно подвижная опора

уничтожает одну степень свободы

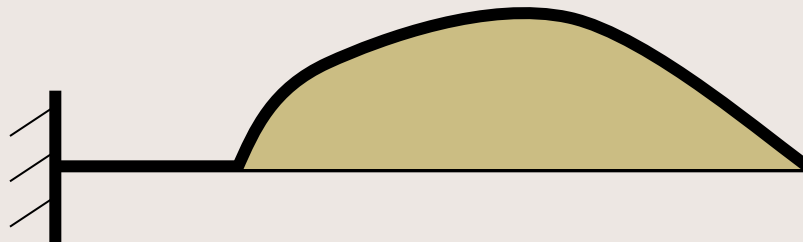
$$W=2$$



Шарнирно подвижная опора эквивалентна одному стержню

Основные типы внешних связей

Неподвижная заземляющая опора (заделка)



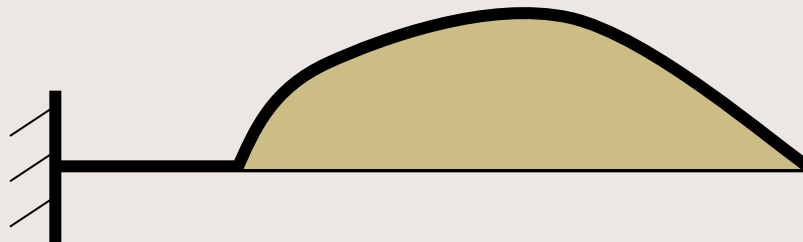
$$W=3$$

Основные типы внешних связей

Неподвижная заземляющая опора (заделка)

уничтожает три степени свободы

$$W=0$$



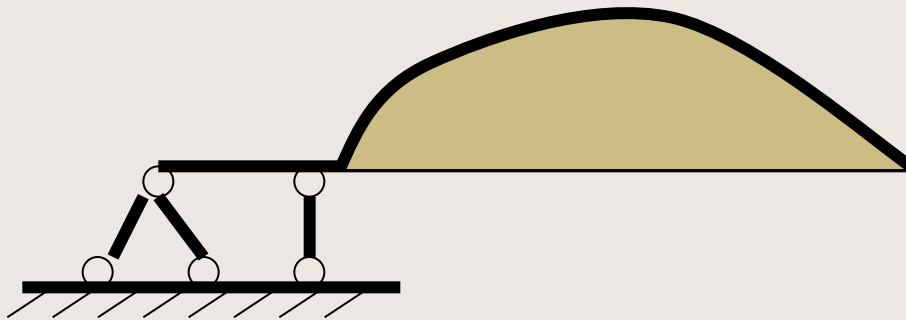
*Неподвижная заземляющая опора эквивалентна трем
стержням*

Основные типы внешних связей

Неподвижная заземляющая опора (заделка)

уничтожает три степени свободы

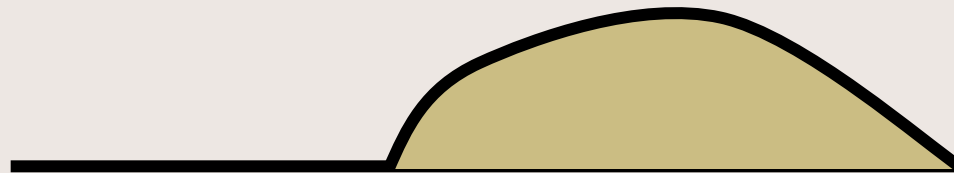
$$W=0$$



*Неподвижная заземляющая опора эквивалентна трем
стержням*

Основные типы внешних связей

Подвижная заземляющая опора

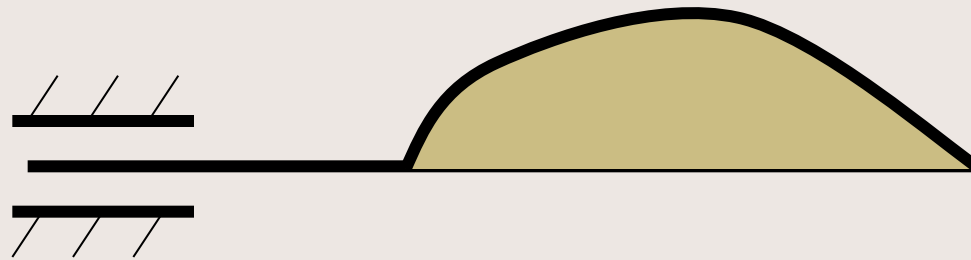


$W=3$

Основные типы внешних связей

Подвижная заземляющая опора

уничтожает две степени свободы.



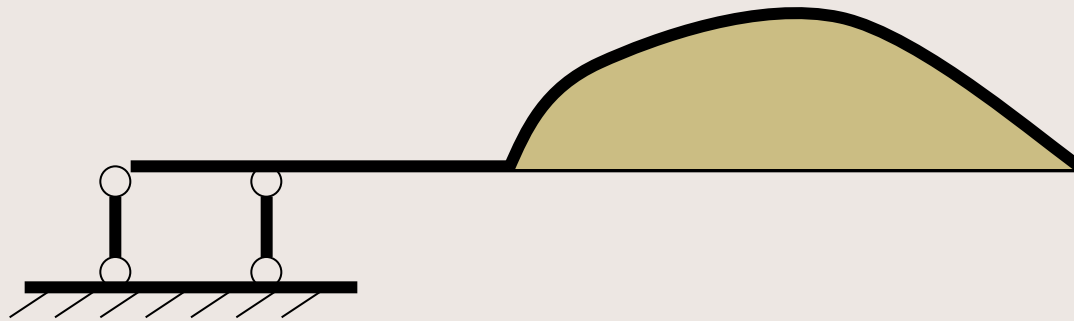
$$W=1$$

Подвижная заземляющая опора эквивалентна двум стержням

Основные типы внешних связей

Подвижная заземляющая опора

уничтожает две степени свободы.



$$W=1$$

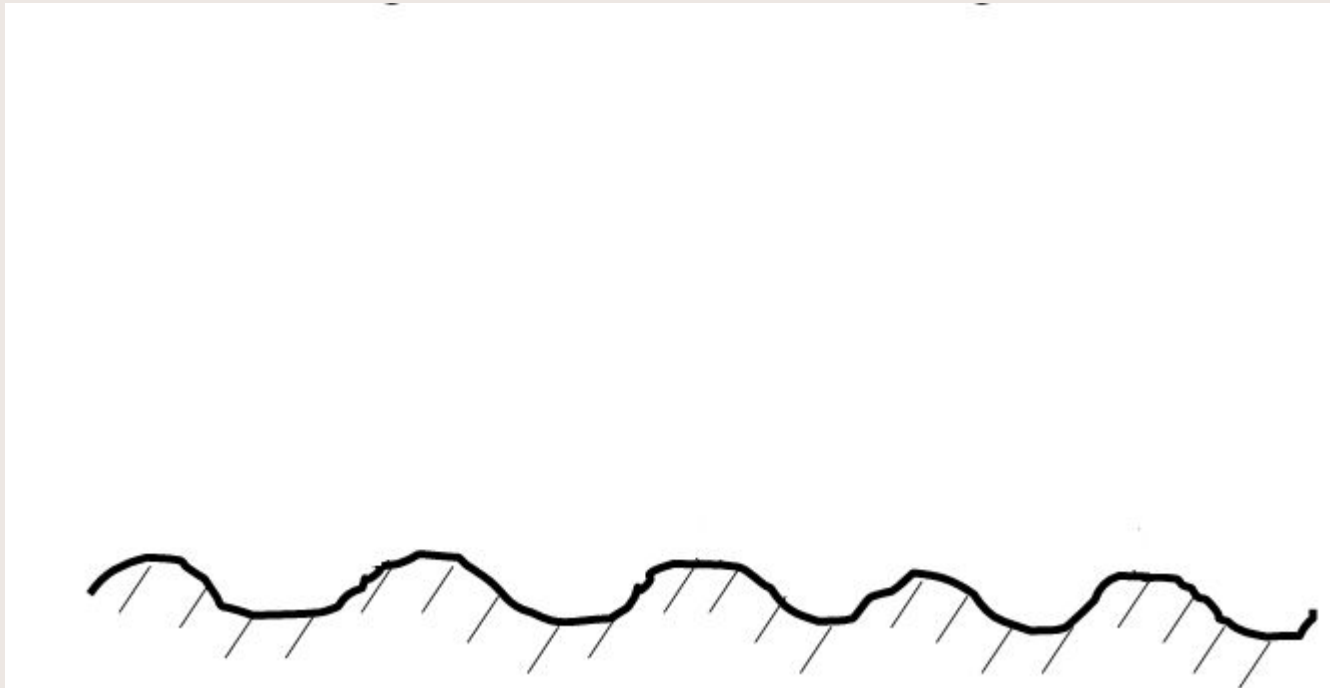
Подвижная заземляющая опора эквивалентна двум стержням

Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями

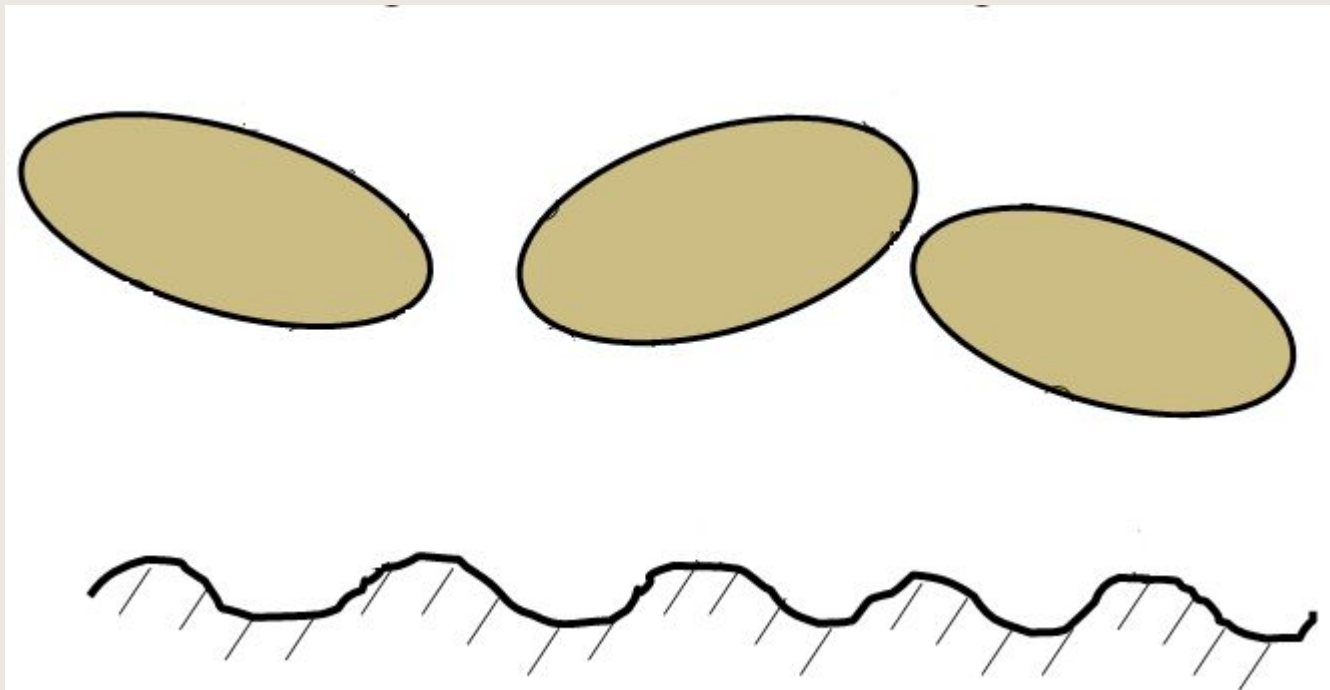
Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



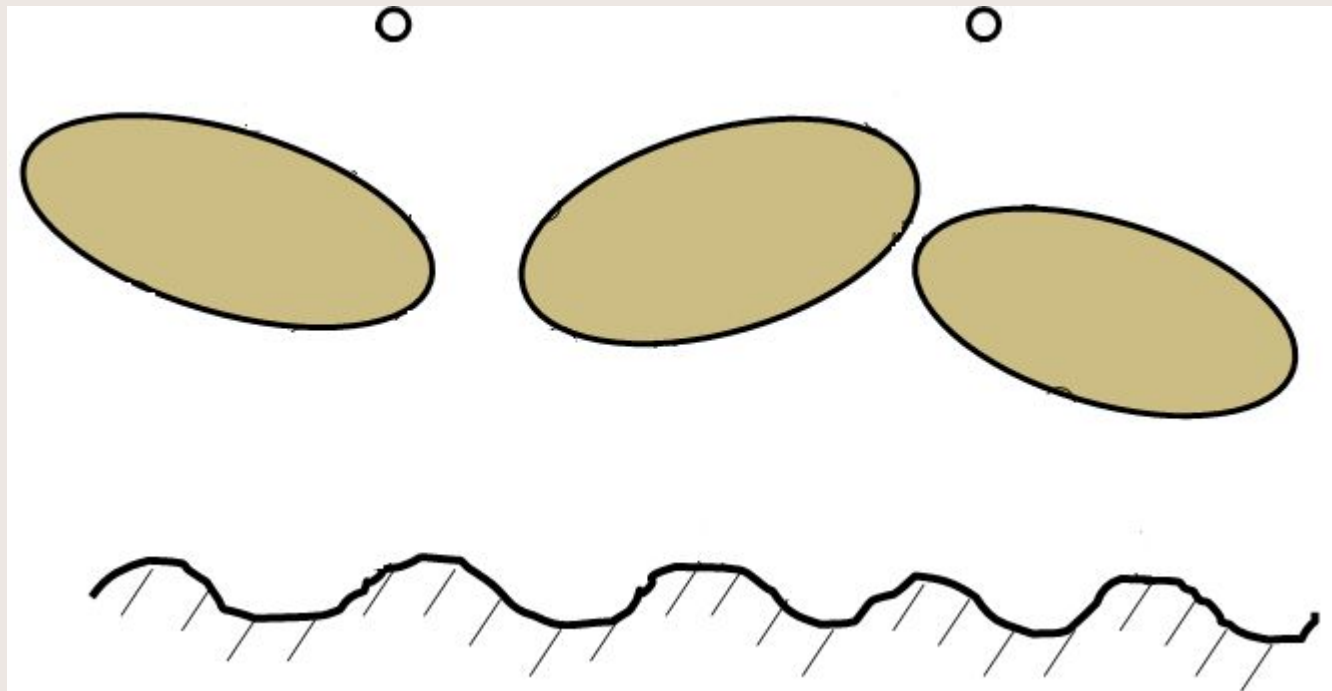
Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



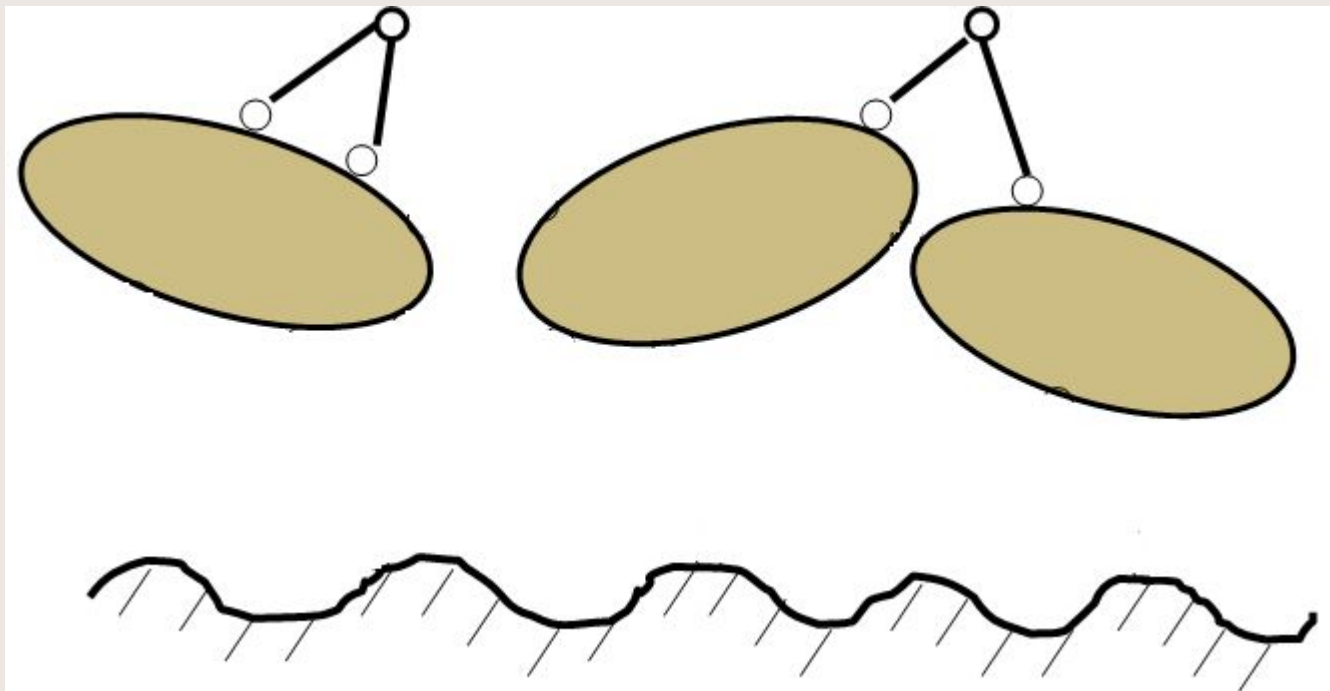
Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



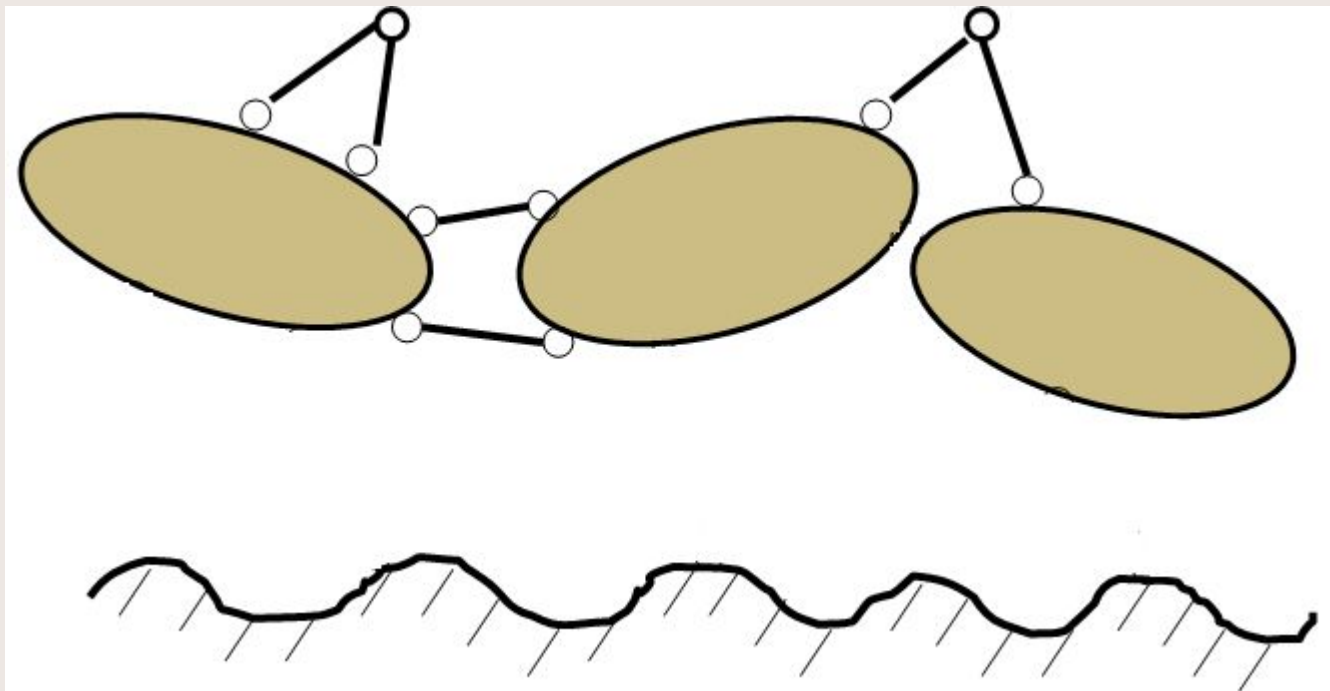
Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



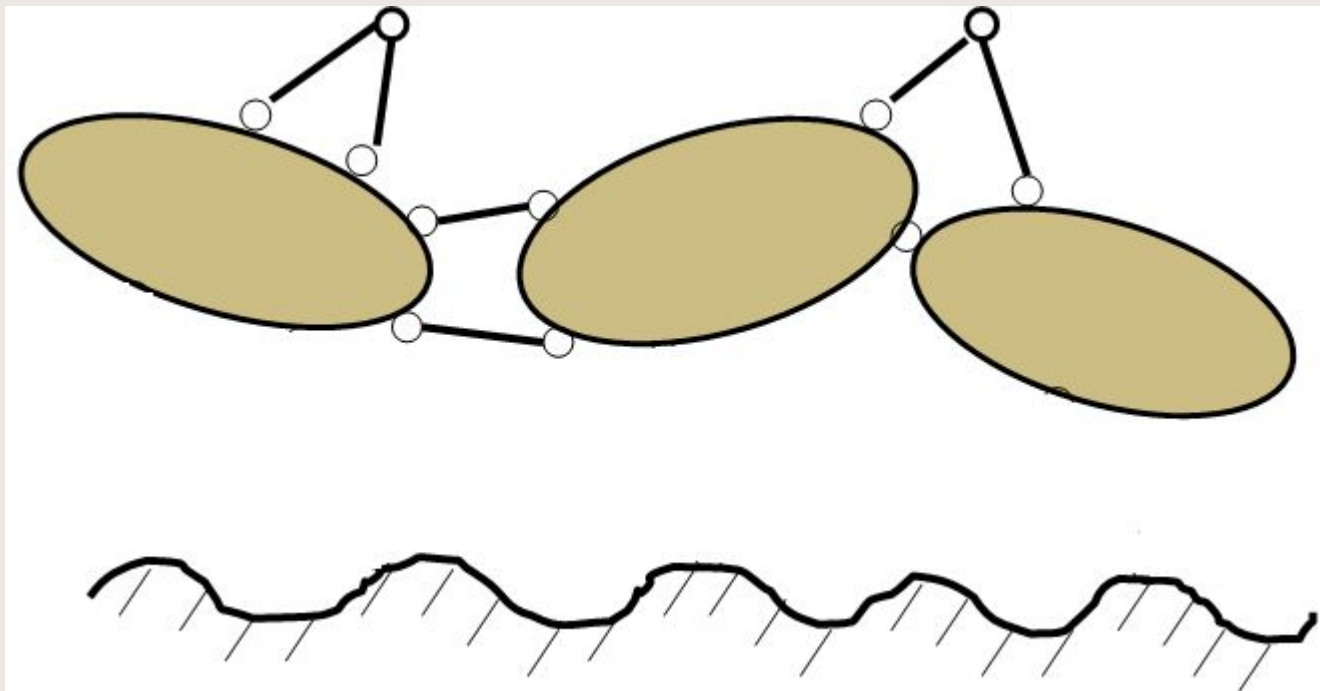
Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



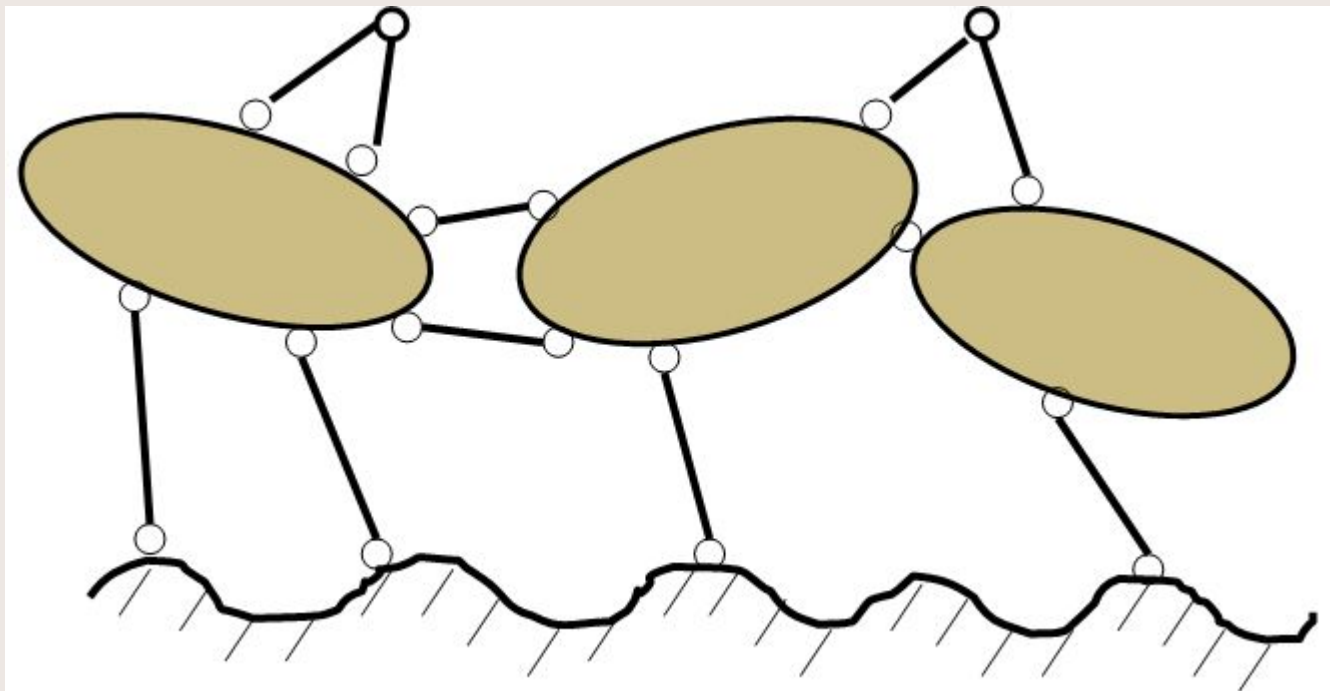
Кинематическая цепь

Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



Кинематическая цепь

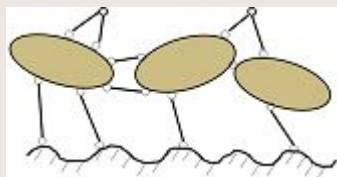
Изображение расчетной схемы конструкции в виде совокупности дисков и узлов с наложенными связями



2.3. Число степеней свободы плоской стержневой системы

Формула для подсчета числа степеней свободы

Дана произвольная плоская стержневая конструкция, представленная в виде кинематической цепи



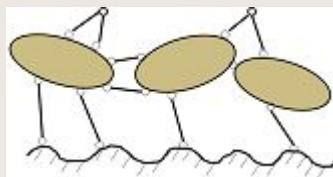
Формула для подсчета числа степеней свободы

Дана произвольная плоская стержневая конструкция, представленная в виде кинематической цепи

$$Д \Rightarrow + 3 \text{ ст. св.}$$

$$У \Rightarrow + 2 \text{ ст. св.}$$

$$W = 3Д + 2У$$



$$Ш \Rightarrow - 2 \text{ ст. св.}$$

$$С \Rightarrow - 1 \text{ ст. св.}$$

$$W = 3Д + 2У - 2Ш - С - С_о$$

$$С_о \Rightarrow - 1 \text{ ст. св.}$$

Особенности использования формулы для подсчета числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 U - 2 Ш - C - C_o$$

Подсчет числа степеней свободы не зависит от способа образования кинематической цепи

Особенности использования формулы для подсчета числа степеней свободы

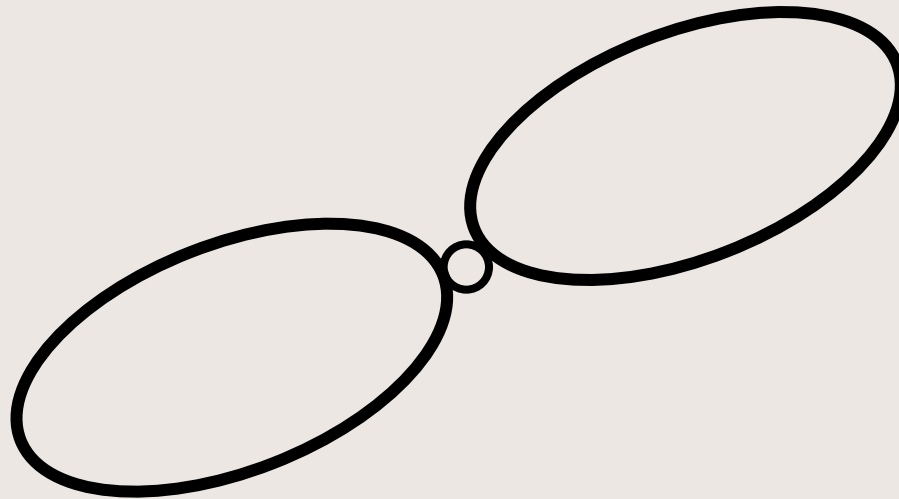
$$W = 3 D + 2 Y - 2 Ш - C - C_o$$

Подсчет числа степеней свободы не зависит от способа образования кинематической цепи

Определение числа шарниров производится с учетом их кратности.

Особенности подсчета числа шарниров

Простой шарнир

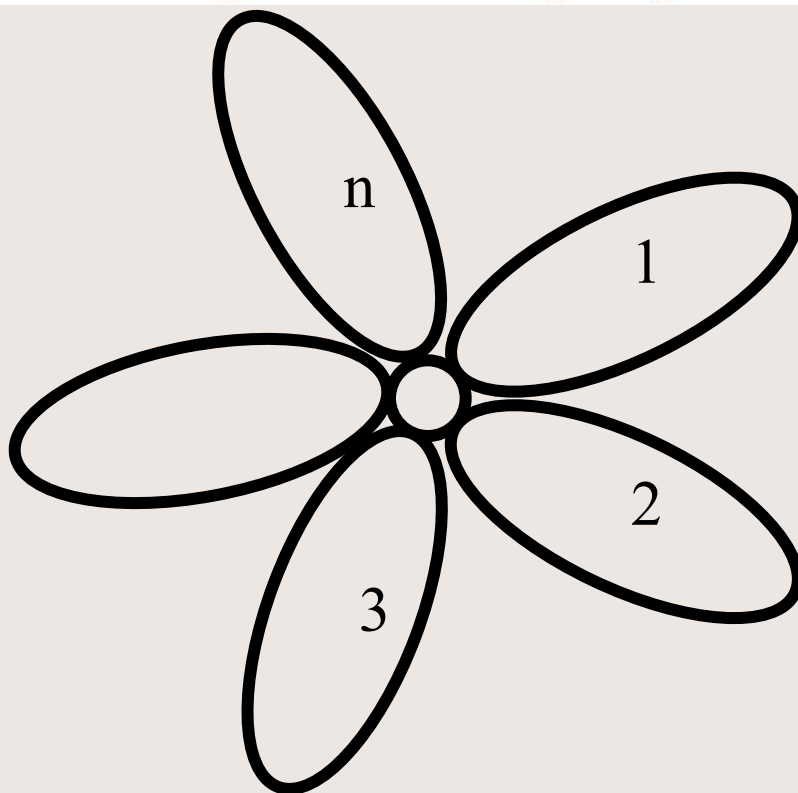


$\Pi=1$

Шарнир считается простым, если он соединяет два диска
Степень его кратности равняется единице

Особенности подсчета числа шарниров

Кратный шарнир

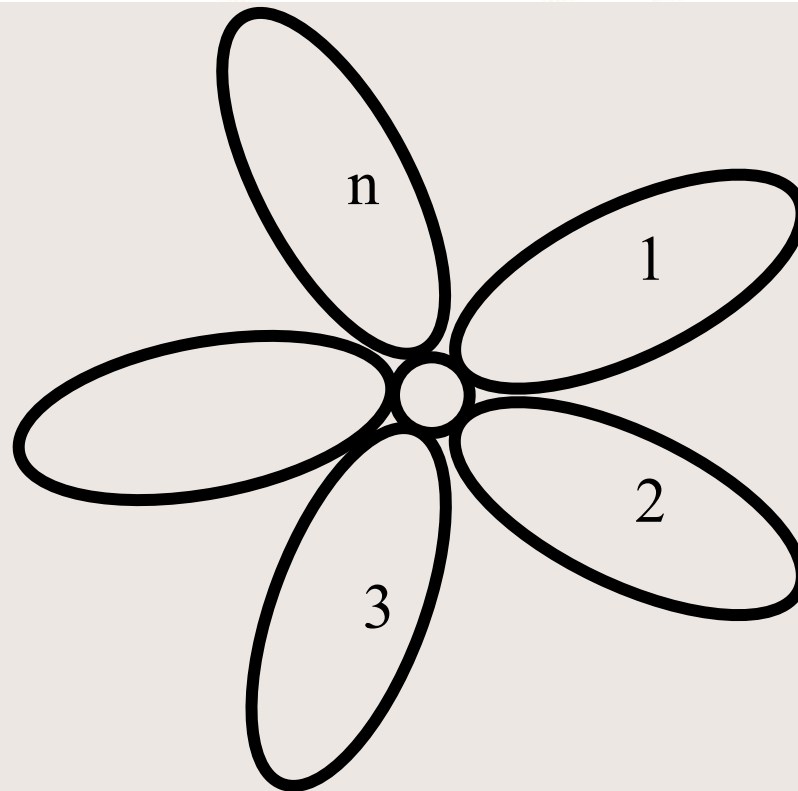


Ш = ? ? ? ?

Шарнир считается кратным, если он соединяет более двух дисков

Особенности подсчета числа шарниров

Кратный шарнир



$$\text{Ш} = n - 1$$

Степень кратности шарнира на единицу меньше числа соединяемых дисков

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = \underbrace{3 D + 2 U}_{\text{Элементы цепи, приносящие степени свободы (диски, узлы)}} - \underbrace{2 Ш - C - C_o}_{\text{Элементы цепи, выключающие степени свободы (кинематические связи)}}$$

Элементы цепи, приносящие
степени свободы
(диски, узлы)

Элементы цепи, выключающие
степени свободы
(кинематические связи)

Положительные слагаемые

Отрицательные слагаемые

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 Y - 2 Ш - C - C_o$$

$$W > 0$$

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 Y - 2 Ш - C - C_o$$

$$W > 0$$

Условие геометрической изменяемости $W > 0$ является необходимым и достаточным

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 Y - 2 Ш - C - C_o$$

$$W = 0$$

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 Y - 2 Ш - C - C_o$$

$$W = 0$$

Условие геометрической неизменяемости $W = 0$ является необходимым, но недостаточным

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 Y - 2 Ш - C - C_o$$

$$W < 0$$

Возможные исходы при подсчете числа степеней свободы

$$W = 3 D + 2 U - 2 Ш - C - C_o$$

$$W < 0$$

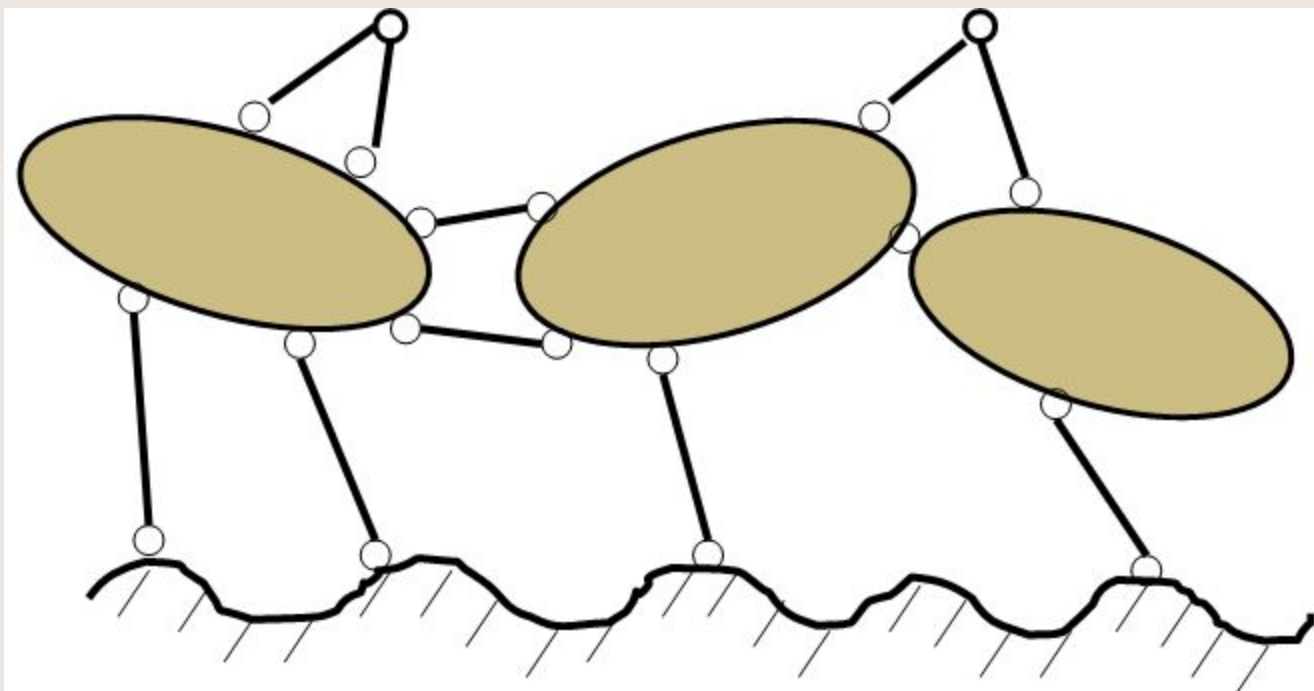
Условие геометрической неизменяемости $W < 0$ является необходимым, но недостаточным

Поэтому при выполнении условия $W \leq 0$ подсчет числа степеней свободы дополняется анализом геометрической структуры расчетной схемы стержневой системы

2.4. Анализ геометрической структуры расчетной схемы плоской стержневой системы

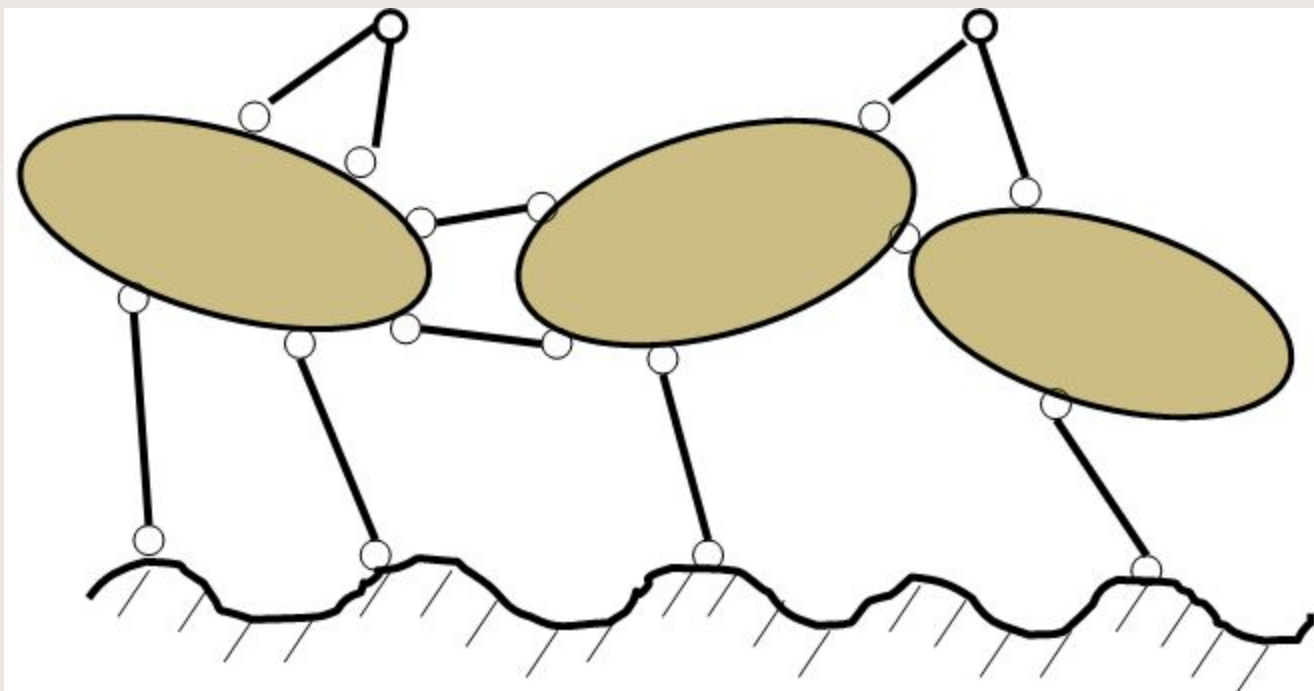
Суть анализа структуры

Рассмотрение схем соединения элементов кинематической цепи между собой



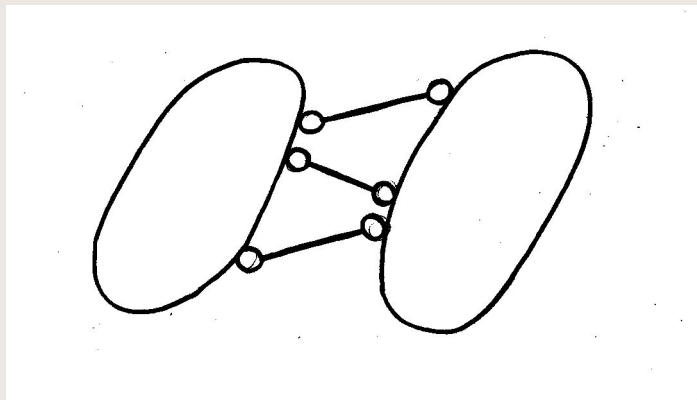
Цель анализа структуры

Поиск схем неправильного соединения элементов кинематической цепи между собой (образование м.ц.вр.)



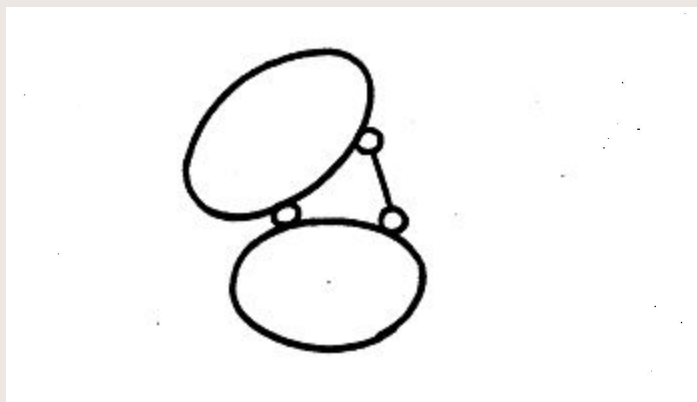
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Правильное соединение двух дисков



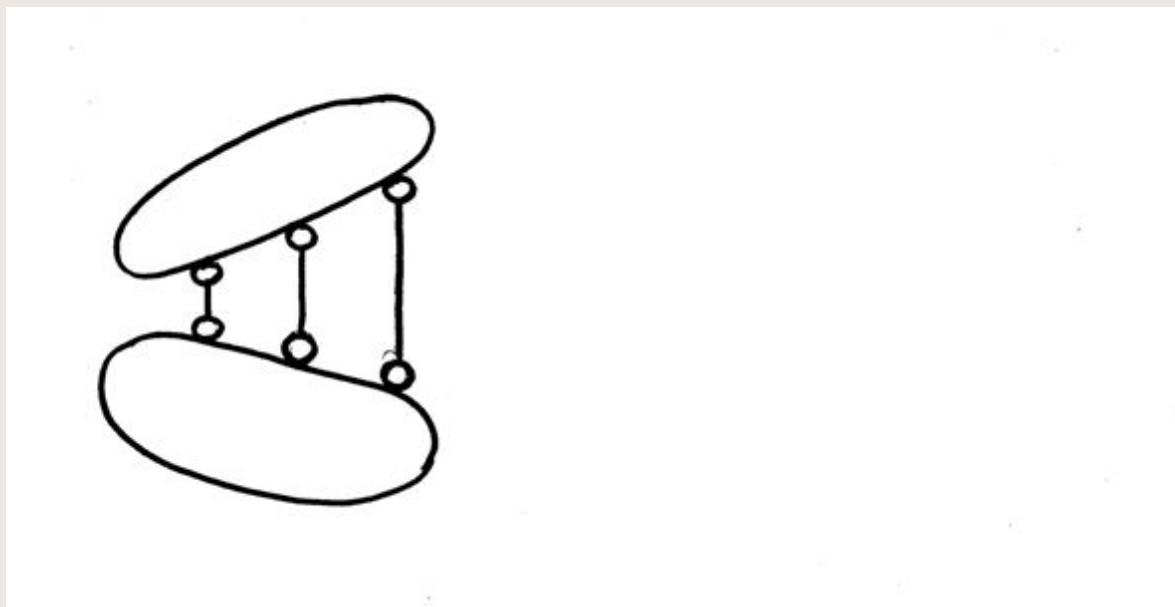
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Правильное соединение двух дисков



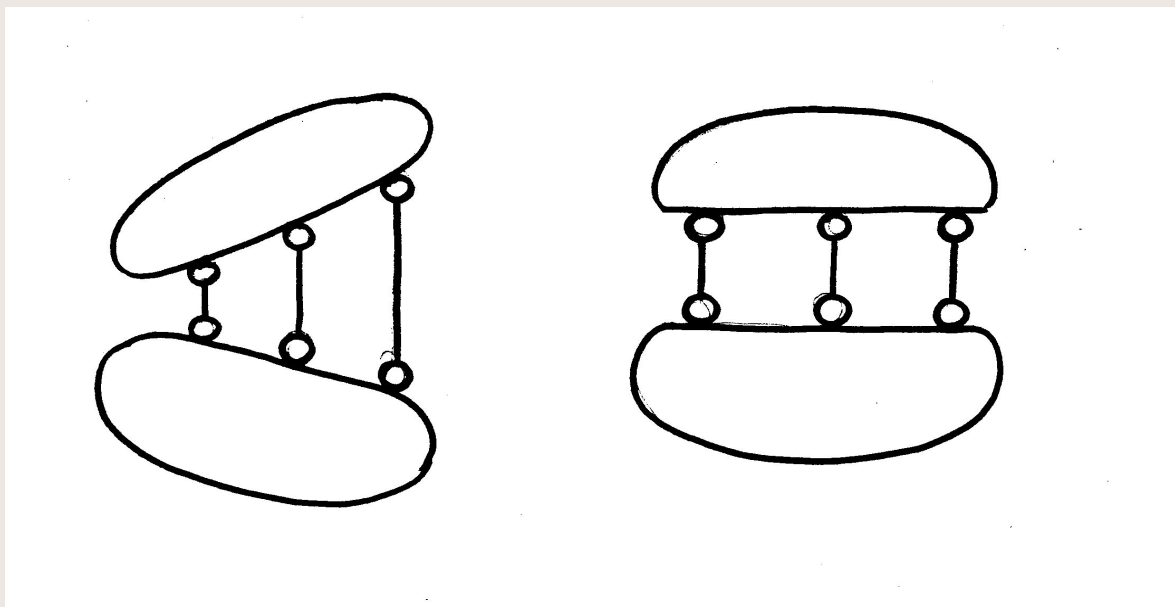
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение двух дисков



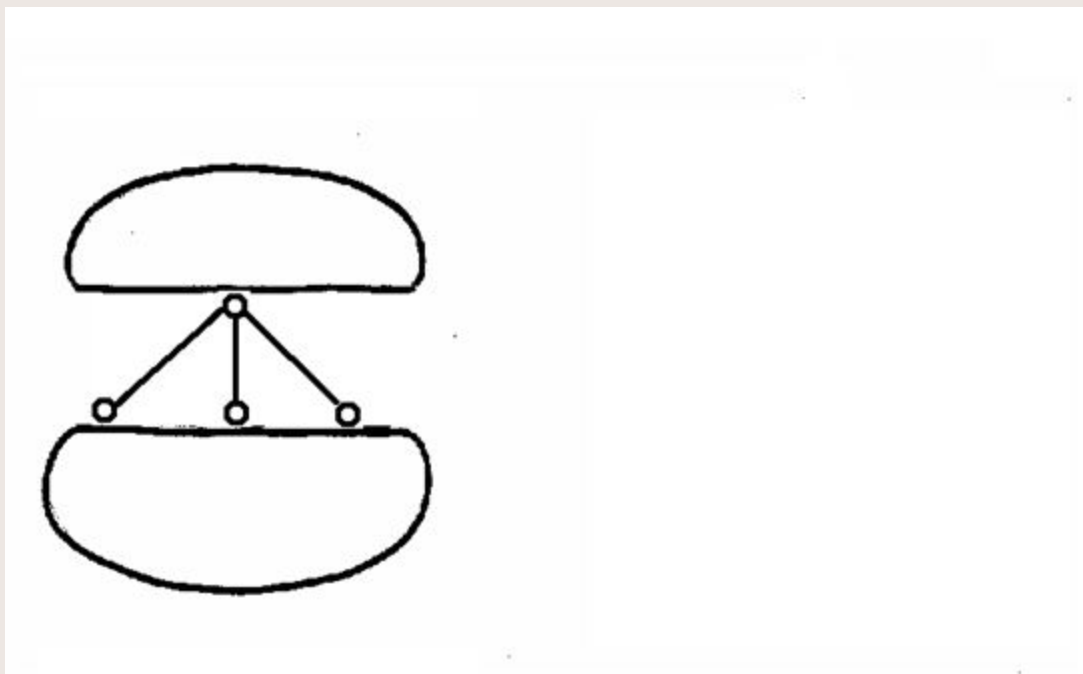
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение двух дисков



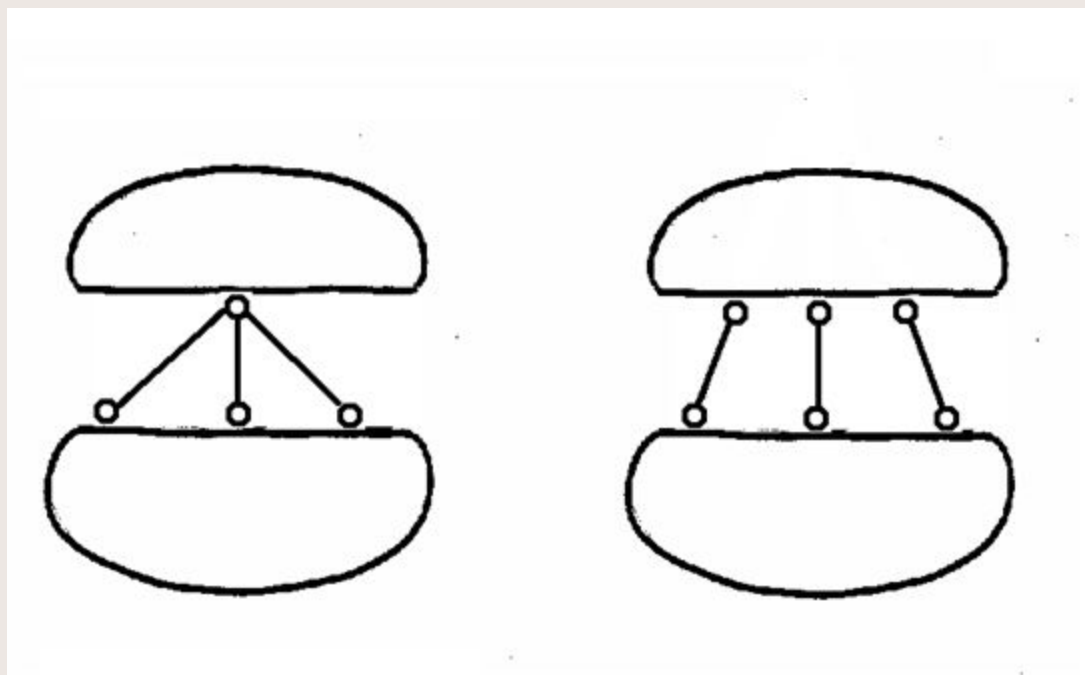
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение двух дисков



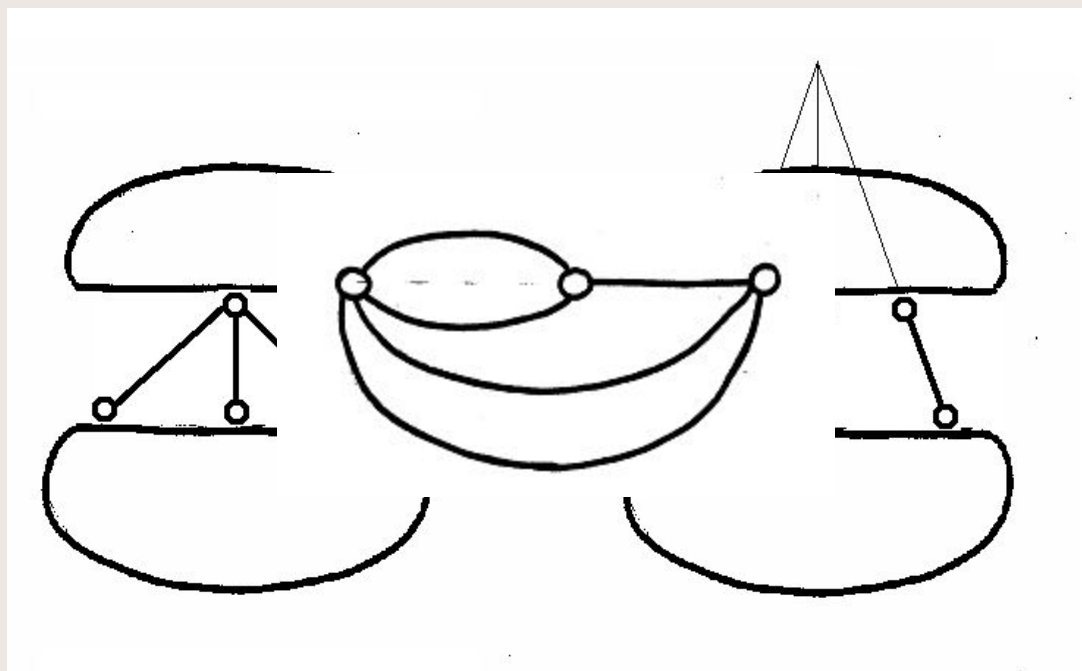
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение двух дисков



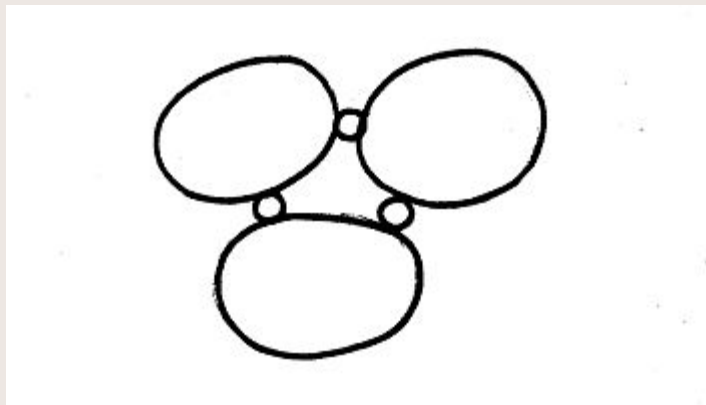
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение двух дисков



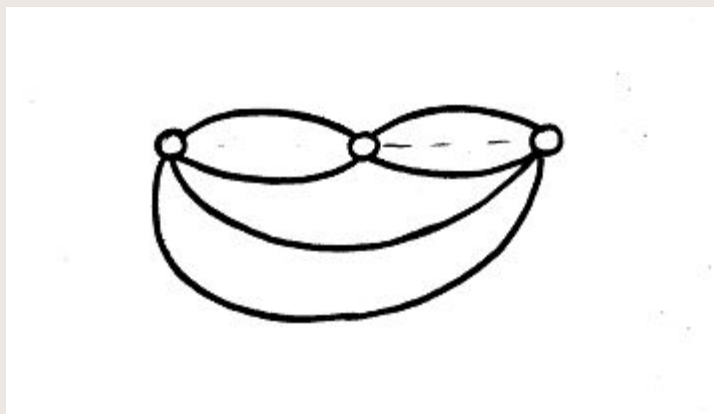
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Правильное соединение трех дисков



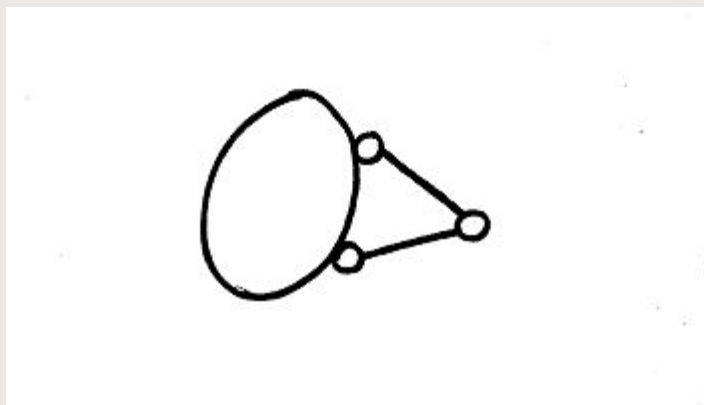
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение трех дисков



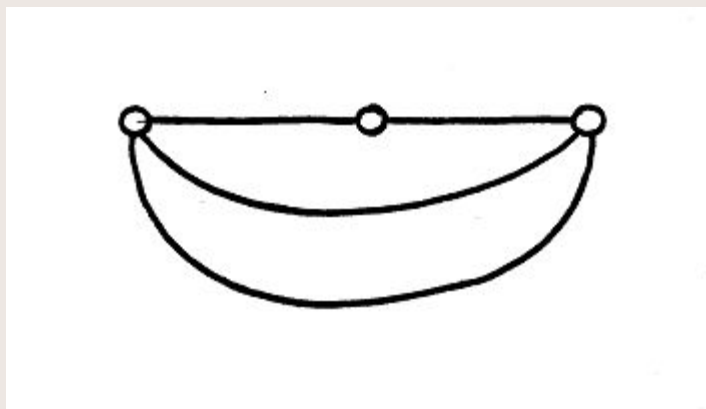
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Правильное соединение диска и узла



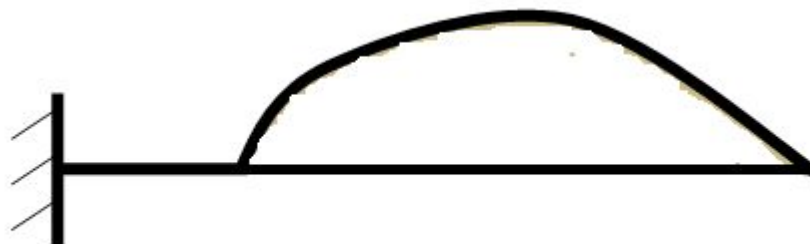
Основные схемы соединения элементов кинематической цепи

Неправильное соединение диска и узла



Основные схемы присоединения элементов кинематической цепи к основанию

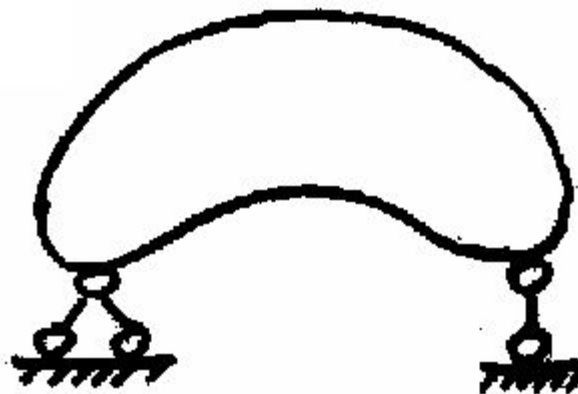
Консольная схема опирания



Основные схемы присоединения элементов кинематической цепи к основанию

Балочная схема опирания

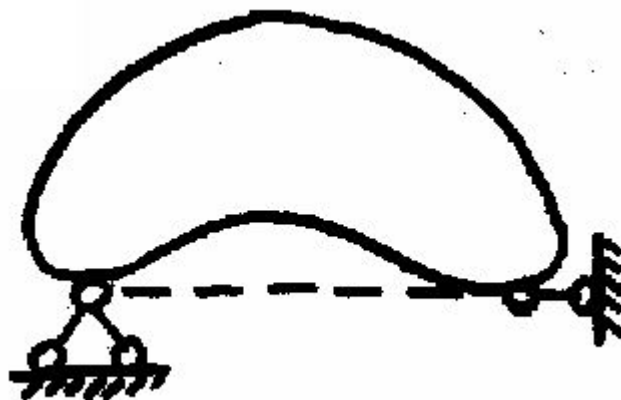
Правильное расположение опор



Основные схемы присоединения элементов кинематической цепи к основанию

Балочная схема опирания

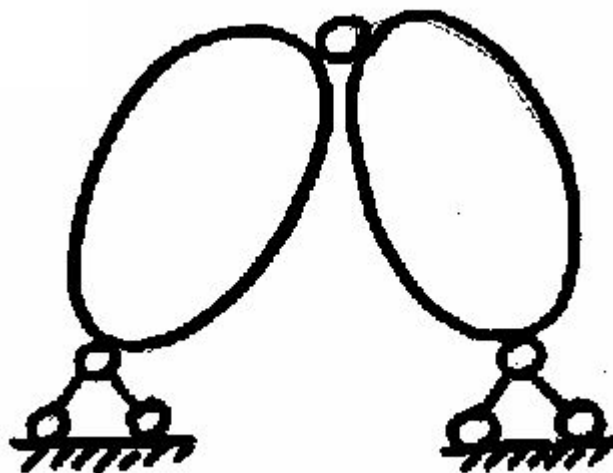
Неправильное расположение опор



Основные схемы присоединения элементов кинематической цепи к основанию

Трехшарнирная схема опирания

Правильное взаимное расположение опор и шарнира



Основные схемы присоединения элементов кинематической цепи к основанию

Трехшарнирная схема опирания

Неправильное взаимное расположение опор и шарнира



Алгоритм кинематического анализа плоской стержневой системы

- ✓ Изобразить расчетную схему системы в виде кинематической цепи
- ✓ Подсчитать число D , U , $Ш$, C , C_o
- ✓ Подсчитать W
- ✓ Сделать вывод о кинематических и статических свойствах системы, если $W > 0$
- ✓ Провести анализ геометрической структуры, если $W \leq 0$
- ✓ Сделать вывод о кинематических и статических свойствах системы с учетом результатов анализа её геометрической структуры

Какие есть вопросы?





Лекция завершена
Всем спасибо