

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»**

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
Теоретическая механика**

для специальности 140204.65 "Электрические станции",

140205.65 "Электроэнергетические системы и сети",

140211.65 "Электроснабжение",

140203.65 "Релейная защита и автоматизация  
электроэнергетических систем"

Квалификация (степень) выпускника: специалист - инженер

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан канд. техн наук, доцентом Луганцевой Татьяной  
Анатольевной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры АППиЭ

Протокол заседания кафедры от « 23 » января 2012 г. № 5

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ /А.Н. Рыбалев/

### **УТВЕРЖДЕН**

Протокол заседания УМСС по направлению подготовки

**140200 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»** от « 02 » февраля 2012 г. № 6

Председатель УМСС \_\_\_\_\_ /Ю.В. Мясоедов/

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа дисциплины	4
2. Краткое изложение программного материала	22
2.1. План-конспект лекций	22
2.2. Терминологический словарь	37
2.3. Методические рекомендации по изучению дисциплины	43
2.3.1. Методические рекомендации по изучению дисциплины (теоретический материал)	44
2.3.2. Методические рекомендации по изучению дисциплины (практические занятия)	44
2.3.3. Методические рекомендации по изучению дисциплины (внеаудиторная работа)	57
2.3.4. Методические рекомендации по изучению дисциплины (подготовка к экзамену)	57
2.4. Контроль знаний	58
2.4.1. Тестовый контроль (примеры)	59
3. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	66
4. Материально-техническое обеспечение дисциплины	66

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ В.В. Проказин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2011г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по теоретической механике

для специальности 140204.65 "Электрические станции",

140205.65 "Электроэнергетические системы и сети",

140211.65 "Электроснабжение",

140203.65 "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем"

Квалификация (степень) выпускника: специалист

Курс 1 Семестр 2

Лекции 36 час. Экзамен 2 семестр

Практические занятия 18 час.

Самостоятельная работа 27 час.

Общая трудоемкость дисциплины 81 час.,

Составитель Т.А. Луганцева, канд. техн. наук, доцент,

Факультет энергетический

Кафедра «Автоматизация производственных процессов и электротехника»

2011 г.

Рабочая программа составлена на основании государственного образовательного стандарта ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста 140200 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА по специальностям: 140204.65 "Электрические станции», 140205.65 "Электроэнергетические системы и сети", 140211.65 "Электроснабжение", 140203 .65 "Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем".

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника»

«   » \_\_\_\_\_ 2011 г. протокол №

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.Н. Рыбалёв

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

\_\_\_\_\_ Т.Н.Честнова

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2011 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

\_\_\_\_\_ Л.А.Проказина

"\_\_" \_\_\_\_\_ 2011 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью изучения* теоретической механики как одной из составляющих фундаментальных естественнонаучных знаний является формирование у студентов современной научной базы, необходимой для понимания и усвоения специальных и технических дисциплин, необходимых для работы по специальности.

### *Задачи изучения дисциплины:*

- дать студенту первоначальные представления о постановке инженерных задач, составлении математических и динамических моделей изучаемого механического явления;
- освоить методы определения силовых факторов и других характеристик при равновесии расчетного объекта;
- усвоить основы кинематического и динамического исследования расчетного объекта;
- формирование знаний и навыков, необходимых для изучения ряда профессиональных дисциплин, развитие логического мышления и творческого подхода к решению профессиональных задач;
- развитие логического мышления и творческого подхода к решению профессиональных задач.

После изучения курса теоретической механики студент должен:

- знать физический смысл основных механических величин, основные понятия и законы механики и вытекающие из этих законов методы изучения равновесия и движения материальной точки, твердого тела и механической системы;
- понимать те методы механики, которые применяются в прикладных дисциплинах и последующей инженерной деятельности;
- уметь прилагать полученные знания для решения соответствующих конкретных задач техники, связанных со специализацией студента, самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем, квалифицированно применяя при этом основные алгоритмы высшей математики и используя возможности современных компьютеров и информационных технологий;
- разбираться в физическом смысле полученных результатов;
- ориентироваться в литературе по механике;
- сформировать умения и навыки, необходимые для изучения профессиональных дисциплин и последующей инженерной деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Теоретическая механика» одна из фундаментальных дисциплин базовой части общепрофессиональных дисциплин (ОПД.Ф.03.), где студенты впервые встречается с большим многообразием механических систем, их моделей и методов исследования. Теоретическая механика обеспечивает логическую связь, во-первых, между физикой и математикой, применяя математический аппарат к изучению физических явлений, и, во-вторых, между естественнонаучными дисциплинами и общетехническими и специальными дисциплинами. Дисциплина «Теоретическая механика» является предшествующей для всех дисциплин профессионального цикла ОПД. Основные идеи теоретической механики являются базовыми в подготовке инженера, они используются во многих учебных дисциплинах, таких как сопротивление материалов, теория механизмов и машин, механика жидкости и газа, детали машин, при изучении методов анализа и синтеза специального оборудования и механизмов, а также большого числа специальных дисциплин. Изучение теоретической механики дает тот минимум фундаментальных знаний, на базе которых будущий специалист сможет

самостоятельно овладевать новой информацией, с которой ему придется столкнуться в производственной и научной деятельности.

Требования к входным знаниями умениям.

Для изучения курса теоретической механики студент должен:

Знать:

- курс физики (механика);
- элементарную математику (алгебра, геометрия и тригонометрия);
- высшую математику (векторная, линейная алгебра и алгебра матриц; теория элементарных функций; начала мат. анализа (производные, интегралы функций одной переменной), решение линейных и нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений);

Уметь:

применять полученные знания математики к решению задач теоретической механики;

Владеть:

- основными навыками решения задач векторной алгебры, дифференциального и интегрального исчислений;
- основными навыками работы на персональном компьютере, включая работу в офисных программах, интернете, в локальных сетях, некоторых графических редакторах и математических пакетах.

### **3. ЗНАНИЯ И УМЕНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать следующие результаты образования:

**знать:**

- основные понятия и законы механики и вытекающие из этих законов методы изучения равновесия и движения материальной точки, твердого тела и механической системы, понимать те методы механики, которые применяются в прикладных дисциплинах;

- методы и приемы решения задач;
- методы исследования механизмов и расчета их кинематических и динамических характеристик;

**уметь:**

- прилагать полученные знания для решения конкретных задач статики, кинематики и динамики;

- определять динамические характеристики твердого тела и системы твердых тел в результате их механического взаимодействия;

- пользоваться справочной литературой;

**владеть:**

- фундаментальными знаниями, позволяющими будущему специалисту научно анализировать проблемы его профессиональной области;

- использовать на практике приобретенные им базовые знания;
- навыками использования методов теоретической механики при решении практических задач.

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Федеральный компонент**

ОПД.Ф.03.01. Теоретическая механика: кинематика. Предмет кинематики. Векторный способ задания движения точки. Естественный способ задания движения точки. Понятие об абсолютно твердом теле. Вращение твердого тела вокруг

неподвижной оси. Плоское движение твердого тела и движение плоской фигуры в ее плоскости. Движение твердого тела вокруг неподвижной точки или сферическое движение. Общий случай движения свободного твердого тела. Абсолютное и относительное движение точки. Сложное движение твердого тела.

Динамика и элементы статики. Предмет динамики и статики. Законы механики Галилея-Ньютона. Задачи динамики. Свободные прямолинейные колебания материальной точки. Относительное движение материальной точки. Механическая система. Масса системы. Дифференциальные уравнения движения механической системы. Количество движения материальной точки и механической системы. Момент количества движения материальной точки относительно центра и оси. Понятие о силовом поле. Система сил. Аналитические условия равновесия произвольной системы сил. Центр тяжести твердого тела и его координаты. Принцип Даламбера для материальной точки. Дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Формы текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации			
			Л:8	Пр:6	СР:9	Выполнение расчетно-граф. раб, тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
1	Статика	2	Л:8	Пр:6	СР:9	Выполнение расчетно-граф. раб, тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
2	Кинематика	2	Л:10	Пр:6	СР:9	Выполнение расчетно-граф. раб. тестирование, контрольная работа, коллоквиум.
3	Динамика	2	Л:18	Пр:6	СР:9	Выполнение расчетно-граф. раб. тестирование, контрольная работа, коллоквиум.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	СРС
1	Введение в статику. Предмет статики.	2	-	1
2	Система сходящихся сил.	2	-	1
3	Теория моментов.	2	-	1
4	Приведение систем сил к простейшему виду. Условия и уравнения	2	4	2

	равновесия различных типов систем сил.			
5	Расчет стержневых систем (ферм)	-	2	2
6	Равновесие системы сил при наличии трения скольжения и качения.	-	-	1
7	Центр тяжести тела. Методы нахождения центра тяжести тела.	-	-	1
8	Введение в кинематику. Кинематика точки. Векторный и координатный способы задания движения точки.	2	2	2
9	Простейшие движения абсолютно твердого тела.	2	-	2
10	Плоскопараллельное движение твердого тела.	2	2	3
11	Сложное движение точки.	2	2	2
12.	Сферическое движение. Общий случай движения свободного твердого тела. Сложные движения твердого тела	2	-	-
13	Динамика как раздел теоретической механики. Динамика материальной точки. Динамика механической системы.	2	2	1
14	Геометрия масс.	2	-	2
15	Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема о движении центра масс.	2	-	1
16	Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения.	2	-	1
17	Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении кинетической энергии.	2	2	1
18	Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении кинетического момента.	2	-	1
19	Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.	2	-	1
20	Аналитическая механика. Принцип Лагранжа. Общее уравнение динамики.	2	2	1
21	Свободные прямолинейные колебания материальной точки	2	-	1
	ИТОГО:	36	18	27

### 5.1. Содержание разделов дисциплины (лекции)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Кол-во часов
1	<b>Раздел 1 «Статика»</b> Тема 1	<b>Введение.</b> Предмет и значение теоретической механики в формировании инженера. Краткий исторический очерк. Введение в статику: предмет и основные понятия статики. Аксиомы статики. Связи в геометрической статике и их классификация. Реакции связей.	2

2	<b>Раздел 1</b> <b>«Статика»</b> <i>Тема 2</i>	<b>Система сходящихся сил.</b> Приведение системы сходящихся сил к простейшему виду (геометрический и аналитический способ). Теоремы о трех силах. Статически определимые и неопределимые задачи.	2
3	<b>Раздел 1</b> <b>«Статика»</b> <i>Тема 3</i>	<b>Теория моментов.</b> Векторный и алгебраический момент силы относительно центра. Теория пар сил. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси. Момент силы относительно начала координат.	2
4	<b>Раздел 1</b> <b>«Статика»</b> <i>Тема 4.</i>	<b>Условия и уравнения равновесия различных типов систем сил.</b> Приведение плоской и пространственной систем сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо). Инварианты пространственной системы сил.	2
5	<b>Раздел 2</b> <b>«Кинематика»</b> <i>Тема 8</i>	<b>Введение в кинематику.</b> Основные понятия кинематики. Кинематика точки: векторный и координатные способы задания движения точки. Определение скорости и ускорения точки при различных способах задания ее движения. Частные случаи движения точки.	2
6	<b>Раздел 2</b> <b>«Кинематика»</b> <i>Тема 9</i>	<b>Простейшие (основные) движения абсолютно твердого тела.</b> Поступательное и вращательное движения тела: определения, свойства, уравнения движения, кинематические характеристики тела и точек тела. Способы передачи вращательного движения.	2
7	<b>Раздел 2</b> <b>«Кинематика»</b> <i>Тема 10</i>	<b>Плоскопараллельное движение твердого тела.</b> Определение, обобщенные координаты, уравнения движения плоской фигуры в ее плоскости, кинематические характеристики. Определение скоростей точек тела через полюс и через мгновенный центр скоростей. Определение ускорений точек тела через полюс.	2
8	<b>Раздел 2</b> <b>«Кинематика»</b> <i>Тема 11</i>	<b>Сложное движение точки.</b> Абсолютное, относительное и переносное движение точки. Теорема о сложении скоростей и ускорений при сложном движении. Теорема Кориолиса. Правило Н.Е.Жуковского	2
9	<b>Раздел 2</b> <b>«Кинематика»</b> <i>Тема 12</i>	<b>Сферическое движение</b> или движение тела с одной закрепленной точкой. Общий случай движения АТТ. Сложение движений твердого тела.	2
10	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема 13</i>	<b>Динамика как раздел теоретической механики.</b> Законы Галилео-Ньютона. Две задачи динамики точки. Динамика точки в инерциальной системе отсчета. Дифференциальные уравнения движения материальной точки. Относительное движение материальной точки.	2
11	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема 14</i>	<b>Геометрия масс.</b> Моменты инерции материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твердого тела относительно полюса, оси и плоскости. Осевые и центробежные моменты инерции. Теорема Гюйгенса – Штейнера. Момент инерции относительно оси любого направления. Тензор инерции.	2
12	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема 15 -16</i>	<b>Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.</b> Центр тяжести тела и его координаты. Масса механической системы. Центр масс механической системы. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения движения центра масс. Количество движения материальной точки и механической системы. Импульс силы. Теорема об изменении количества движения (дифференциальная	4

		и интегральная формы). Закон сохранения количества движения.	
13	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема17</i>	<b>Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.</b> Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела во всех видах движения. Работа силы и пары сил, мощность силы. Теоремы об изменении кинетической энергии точки и механической системы. Потенциальное силовое поле. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.	2
14	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема 18</i>	<b>Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы.</b> Момент количества движения относительно центра и оси. Кинетический момент абсолютно твердого тела относительно оси его вращения. Теорема об изменении кинетического момента. Закон сохранения кинетического момента.	2
15	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема19</i>	<b>Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы.</b> Главный вектор и главный момент сил инерции. Частные случаи приведения сил инерции.	2
16	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема 20</i>	<b>Аналитическая механика.</b> Аналитические связи и их классификация. Перемещения возможные и действительные. Принцип виртуальных перемещений и скоростей. (Принцип Лагранжа). Общее уравнение динамики.	2
17	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> <i>Тема21</i>	<b>Свободные прямолинейные колебания материальной точки.</b>	2

## 5.2. Содержание разделов дисциплины (практические занятия)

**Цель** практических занятий – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

**В статике** научить:

- правильно выбирать объекты, равновесие которых необходимо (удобно) рассмотреть для определения неизвестных параметров;
- правильно и быстро определить виды условий равновесия разных систем сил, составить их и решить;
- понимание эквивалентного преобразования систем сил, правильному упрощению разных типов систем сил.

**В кинематике** научить:

- представлять различные типы движения твердого тела и уметь анализировать кинематические характеристики точки и твердого тела;
- умению моделировать многообразные механические системы и анализировать их кинематические свойства;
- решать многообразные кинематические задачи для точки, абсолютно твердого тела, используя теорию сложения движений.

**В динамике** научить:

- умению объединять знания по статике, кинематике, необходимым разделам математики с достаточно сложными понятиями динамики для анализа изученных и новых моделей механических систем.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема занятия	Цель занятия	Кол-во часов
1	<b>Раздел 1 «Статика»</b> Тема 2, Тема 4.	Система сходящихся сил. Плоская система сил. Условия и уравнения равновесия. Пространственная система сил. Условия и уравнения равновесия.	Научиться определять проекции силы на две взаимно перпендикулярные оси; научиться рассчитывать алгебраические моменты сил и пар сил относительно точки и оси; -научиться составлять уравнения равновесия тел и сочлененных конструкций, находящихся под действием плоской или пространственной систем сил; -решение задач на равновесие твердого тела или системы тел, к которым приложена плоская или пространственная система сил.	2
2	<b>Раздел 1 «Статика»</b> Тема 4.	Приведение плоской и пространственной системы сил к простейшему виду.	Иметь представление о главном векторе, главном моменте, равнодействующей плоской и пространственной системы произвольно расположенных сил; - научиться приводить систему сил к простейшему виду и анализировать результаты; решение задач на приведение плоской и пространственной системы сил к простейшему виду.	2
3	<b>Раздел 1 «Статика»</b> Тема 5.	Расчет стержневых систем. Методы расчета ферм.	Решение задач на определение усилий в стержнях плоской фермы: методом вырезания узлов, методом сечений Риттера, методом построения силовых многоугольников.	2
4	<b>Раздел 2 «Кинематика»</b> Тема 8.	Кинематика точки.	Иметь представление о времени и пространстве, траектории, -знать способы задания движения точки и уметь составлять уравнения движения точки и уравнение траектории; -знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь параметров, формулы для определения скоростей и ускорений, радиуса кривизны траектории.	2
5	<b>Раздел 2 «Кинематика»</b> Тема 10	Плоскопараллельное движение.	Знать разложение плоского движения на поступательное и вращательное; -знать способы определения мгновенного центра скоростей; -научиться определять угловую скорость тела и линейную скорость точек тела через МЦС;	2

			-научиться определять ускорения точек через полюс.	
6	<b>Раздел 2</b> <b>«Кинематика»</b> Тема 11	Сложное движение точки.	Выработать практические навыки решения задач на сложное движение точки; - иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении.	2
7	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> Тема 12	Первая и вторая задачи динамики материальной точки. Дифференциальные уравнения движения материальной точки	Иметь представление о массе тела и ускорении свободного падения, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения, о двух основных задачах динамики; - отработка практических навыков составления и интегрирования дифференциальных уравнений движения материальной точки.	2
8	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> Тема 16.	Общие теоремы динамики: теорема об изменении кинетической энергии.	Отработка практических навыков решения задач динамики механической системы, в которых используются теоремы об изменении кинетической энергии системы.	2
9	<b>Раздел 3</b> <b>«Динамика»</b> Тема 18 - 19	Принцип Даламбера, принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.	Отработка практических навыков решения задач на равновесие материальной системы при помощи принципа Даламбера; -отработка практических навыков решения задач на равновесие несвободной материальной системы при помощи принципа возможных перемещений; -отработка практических навыков решения задач на общее уравнение динамики материальных систем.	2

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Целью самостоятельной работы является закрепление полученных теоретических и практических знаний по курсу теоретической механики, выработка навыков самостоятельной работы и умение применять полученные знания.

Видами самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины являются освоение и проработка тем лекционного материала, выполнение и подготовка к защите домашних работ, выполнение и защита курсовой работы. Формой итогового контроля является экзамен. Студенты допускаются до экзамена только после выполнения и защиты всех видов самостоятельной работы, предусмотренных рабочей программой.

### 6.1. Тематика расчетно-графических работ

Расчетно-графические работы проводятся с целью практической проработки разделов дисциплины, что способствует закреплению, углублению и обобщению теоретических знаний, развивает творческую инициативу и самостоятельность, повышает интерес к изучению дисциплины и прививает навыки научно-исследовательской работы.

Подготовка к защите домашних заданий осуществляется каждым студентом самостоятельно и включает проработку разделов лекционного материала, охватывающего тему данной работы, выполнение домашних заданий и оформление пояснительной

записки в соответствии с требованиями. Пояснительная записка оформляется на листах белой бумаги форматом А 4 и включает следующие разделы: титульный лист, задание, решение задач и пояснения к ним, содержащие необходимые уравнения, выводы соответствующих зависимостей, теоремы и расчеты, сопровождаемые требуемыми графическими иллюстрациями. При выполнении пояснительной записки допускается использование ПЭВМ.

Самостоятельные работы, оформленные небрежно и без соблюдения предъявляемых к ним требований, не рассматриваются и не засчитываются.

Домашние работы по дисциплине выполняются каждым студентом в рамках самостоятельной работы по следующим темам:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Форма самостоятельной работы Расчетно-графические работы
1	Раздел 1 «Статика»	С-1.1.Определение равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим и графическим методом. С-1.2 Определение реакций опор в системе сходящихся сил. С-2 Определение реакций опор твердого тела (плоская система сил.) С-3.Определение реакций опор составной конструкции (система двух тел). С-4.Определение реакций опор и сил в стержнях плоской фермы. С-7. Определение реакций опор твердого тела (пространственная система сил.) С-8.Определение положения центра тяжести тела.
2	Раздел 2 «Кинематика»	К-1. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки по заданным уравнениям ее движения. К-2. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях. К-3. Кинематический анализ плоского механизма. К-4. Определение скоростей точек при плоском движении. К-9. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае поступательного переносного движения. К-10. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае вращательного переносного движения.
3	Раздел 3 «Динамика»	Д-1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки, находящейся под действием постоянных сил. Д-10. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы. Д-19. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы с одной степенью свободы.

### 6.3 Требования к защите расчетно-графических работ

При защите расчетно-графических работ студент должен уметь:

- четко сформулировать поставленную задачу (что дано, что требуется найти);
- объяснить каким методом пользовался при решении задачи (сформулировать его, указать основные свойства, область применимости);
- знать основные используемые формулы и определения;
- рассказать последовательность решения задачи (общий план и особенности варианта);
- объяснить полученный результат (если требуется провести его анализ);
- отвечать на дополнительные вопросы по теме расчетно-графической работы;
- отстаивать свою точку зрения при объяснении.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В качестве основной используется традиционная технология изучения материала, предполагающая живое общение преподавателя и студента.

В учебном процессе, помимо чтения лекций и проведения практических занятий, на которых решаются задачи по конкретной тематике (в том числе рассматриваются домашние работы), проводится подготовка докладов по углубленному анализу сложных разделов или задач теоретической механики, решение задач олимпиадного типа, что способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

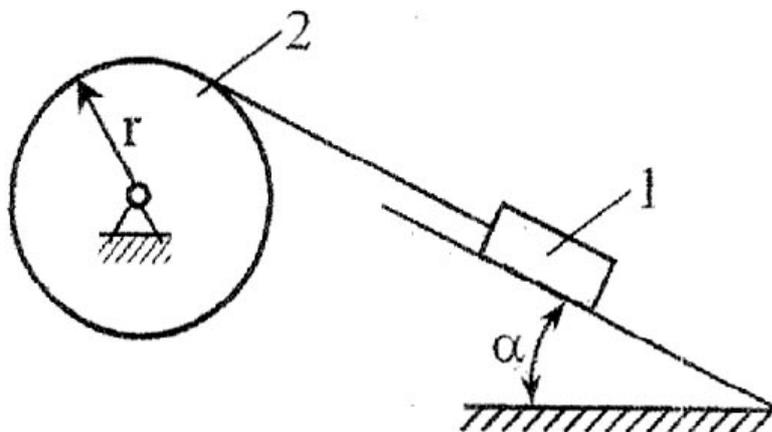
При изучении дисциплины «Теоретическая механика» применяются следующие интерактивные технологии: метод заданий, метод дебатов, метод презентации информации.

## 9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 9.1 Тестирование по темам:

Раздел 1 Тема 1	Тест 1 «Основные понятия статики». Тест 2 «Аксиомы статики». Тест 3 «Связи и реакции связей».
Раздел 1 Тема 2	Тест 4 «Система сходящихся сил».
Раздел 1 Тема 4	Тест 5 «Плоская система сил». Тест 6 «Пространственная система сил». Тест 7 «Приведение пространственной системы сил к простейшему виду».
Раздел 2 Тема 8	Тест 8 «Кинематика точки».
Раздел 2 Тема 9	Тест 9 «Простейшие движения абсолютно твердого тела».
Раздел 2 Тема 10	Тест 10 «Плоское движение абсолютно твердого тела».
Раздел 2 Тема 11	Тест 11 «Сложное движение точки».
Раздел 3 Тема 13	Тест 12 «Динамика материальной точки».
Раздел 3 Тема 15- 20	Тест 13 «Динамика механической системы».

## 9.2 Пример теста по теме «Динамика механической системы»



Груз 1 весом  $P$  посредством невесомой нерастяжимой нити приводит в движение блок 2 весом  $2P$  радиуса  $r$ . Коэффициент трения скольжения груза 1 –  $f$ . Блок 2 – однородный цилиндр. Трением, на оси блока пренебречь. Угол наклона плоскости движения груза к горизонту –  $\alpha$ . В начальный момент система находилась в состоянии покоя.

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:	ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:	
1	УГЛОВУЮ СКОРОСТЬ БЛОКА	1	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2rt$
		2	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2r$
		3	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/r$
		4	$\omega = g(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2r$
2	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ	1	$Q = P(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2$
		2	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
		3	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t$
		4	$Q = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
3	ВЕРТИКАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ДАВЛЕНИЯ БЛОКА НА ОПОРУ O	1	$N_b = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$N_b = 3P - P\cos^2\alpha$
		3	$N_b = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\cos\alpha/2$
		4	$N_b = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\sin\alpha/2$
4	ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ К БЛОКУ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ O	1	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$M_2 = Pr(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$
		3	$M_2 = 0$
		4	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
5	КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ СИСТЕМЫ В ФУНКЦИИ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ $s$ ГРУЗА ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$T = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)$
		2	$T = PS(1 - f)$
		3	$T = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		4	$T = 3PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
6	РАБОТУ, ЗАТРАЧЕННУЮ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА $s$ ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		2	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$A_1 = PS\cos\alpha$
		4	$A_1 = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$

### 9.3 Контрольные вопросы к практическим занятиям и самоподготовке (пример)

#### ТЕМА 3.

1. Что такое проекция вектора на ось и на плоскость? Принципиальное отличие этих проекций?
2. Что такое моментная точка?
3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?
4. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса? Правило знаков.
5. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?
6. 6. Какая система сил называется парой сил?
7. Что такое момент пары?
8. Что называется плечом пары?
9. Какая плоскость называется плоскостью действия пары?
10. Почему пара сил не имеет равнодействующей?
11. Чем характеризуется действие пары сил на твердое тело?
12. Как направлен вектор момента пары сил?
13. Зависит ли действие пары сил на тело от ее места в плоскости?
14. Какие преобразования пары сил не изменяют ее действия на твердое тело?
15. Какие пары сил называются эквивалентными?
16. Что называется результирующей парой?
17. Запишите формулу для определения результирующей системы пар.
18. Сформулируйте условия равновесия плоской системы пар.
19. Изменяется ли момент силы относительно данной точки при переносе силы вдоль ее линии действия?
20. Дайте определение момента силы относительно оси и укажите способы его нахождения.
21. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
22. Представьте момент силы относительно начала координат в виде определителя, вычислите его, интерпретируйте полученный результат. Найдите модуль и направление момента силы.
23. Запишите формулы для вычисления проекций главного момента на координатные оси.

### 9.4 Вопросы к экзамену

#### I. СТАТИКА

1. Основные понятия и определения статики: понятие абсолютно твердого тела, материальной точки, силы и системы сил.
2. Аксиомы статики.
3. Связи и реакции связей.
4. Приведение системы сходящихся сил к равнодействующей.
5. Условия равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме.
6. Теорема о трех непараллельных силах.
7. Статически определимые фермы. Признаки нулевых стержней.
8. Расчет фермы способом вырезания узлов. Расчет усилий в стержнях способом Риттера.
9. Момент силы относительно точки. Вектор момента силы.
10. Понятие пары сил. Теорема о моменте пары. Момент пары как вектор.
11. Теорема о переносе пары сил в ее плоскости и об эквивалентности двух пар.

12. Сложение пар сил, лежащих в одной плоскости. Условие равновесия плоской системы пар.
13. Теорема о переносе пары сил в параллельную плоскость.
14. Сложение пар сил в пространстве. Условие равновесия пространственной системы пар сил.
15. Приведение плоской системы сил к простейшему виду методом Пуансо.
16. Приведение плоской системы сил к одной силе - равнодействующей.
17. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей.
18. Частные случаи приведения плоской системы сил.
19. Условия равновесия плоской системы сил. Равновесие системы параллельных сил.
20. Различные формы уравнений равновесия плоской системы сил.
21. Трение. Равновесие при наличии трения скольжения. Угол и конус трения.
22. Трение качения.
23. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси.
24. Зависимость между моментами силы относительно оси и относительно точки на оси.
25. Приведение пространственной системы к простейшему виду. Главный вектор и главный момент.
26. Изменение главного момента при перемене центра приведения. Инварианты системы сил.
27. Случай приведения пространственной системы к одной паре.
28. Приведение пространственной системы сил к одной силе - равнодействующей.
29. Приведение системы сил к динамическому винту.
30. Условие равновесия произвольной пространственной системы сил.
31. Условия равновесия пространственной системы параллельных сил.
32. Приведение системы параллельных сил к равнодействующей. Центр параллельных сил.
33. Центр тяжести тела, объема, площади, линии.
34. Аналитический способ определения положения центра системы параллельных сил.

## 2. КИНЕМАТИКА

1. Основные понятия и определения кинематики.
2. Способы задания движения точки.
3. Скорость и ускорение точки при задании ее движения векторным способом.
4. Скорость и ускорение точки при задании ее движения естественным способом.
5. Скорость и ускорение точки при задании ее движения в декартовых координатах.
6. Частные случаи описания движения твердого тела.
7. Поступательное движение твердого тела. Уравнения движения. Свойства поступательного движения. Вращательное движение и его характеристики.
8. Линейная скорость и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Формула Эйлера.
9. Векторы угловой скорости и углового ускорения тела. Способы передачи вращательного движения.
10. Понятие абсолютного, относительного и переносного движения. Теорема сложения скоростей. Теорема сложения ускорений при поступательном переносном движении.
11. Теорема о сложении ускорений (теорема Кориолиса). Определение направления кориолисова ускорения.
12. Плоскопараллельное движение. Уравнение движения плоской фигуры.
13. Определение скорости любой точки плоской фигуры как геометрической суммы скорости полюса и скорости этой точки при вращении фигуры вокруг полюса. Мгновенный центр скоростей.
14. Определение ускорения любой точки плоской фигуры как геометрической суммы ускорения полюса и ускорения этой точки при вращении фигуры вокруг полюса.

### 3. ДИНАМИКА

1. Введение в динамику. Предмет динамики. Пространство, время в законах Ньютона. Инерциальная система отсчета. Задачи динамики.
2. Основные законы динамики. Классификация систем сил. Две основные задачи динамики точки. Алгоритм решения первой и второй задач динамики точки.
3. Дифференциальные уравнения движения свободной и несвободной материальной точки.
4. Введение в динамику механической системы. Понятие механической системы. Силы внешние и внутренние. Свойства внутренних сил. Масса системы.
5. Моменты инерции (полярный, осевой, плоскостные) и их взаимосвязь. Радиус инерции. Центробежные моменты инерции. Главная ось инерции. Момент инерции относительно произвольной оси. Эллипсоид инерции.
6. Теорема о моментах инерции относительно параллельных осей.
7. Примеры вычисления моментов инерции тонкого однородного стержня, кольца, сплошного однородного диска (цилиндра), полого цилиндра (кольца).
8. Центр масс механической системы. Центр масс однородных тел. Вывод теоремы о движении центра масс. Дифференциальные уравнения движения центра масс. Закон сохранения движения центра масс.
9. Количество движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения механической системы (в дифференциальной форме). Закон сохранения количества движения механической системы.
10. Элементарный импульс силы. Импульс силы за определенный промежуток времени. Теорема импульсов. Закон сохранения импульса.
11. Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движении.
12. Элементарная работа силы. Работа силы на конечном перемещении.
13. Работа силы тяжести, работа силы упругости.
14. Работа и мощность сил, приложенных к твердому телу при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях.
15. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы (дифференциальный и интегральный вид).
16. Потенциальное силовое поле и его свойства. Потенциальная функция. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.
17. Алгоритм решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемой системы.
18. Момент количества движения точки. Главный момент количества движения системы относительно центра и оси. Теорема об изменении кинетического момента.
19. Закон сохранения кинетического момента. Главный момент количества движения вращающегося тела относительно оси вращения. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси.
20. Динамика простейших движений твердого тела: дифференциальные уравнения поступательного, вращательного и плоскопараллельного движения твердого тела. Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек.
21. Принцип Даламбера для точки и механической системы. Определение главного вектора и главного момента сил инерции при различных движениях твердого тела.
22. Определение динамических реакций подшипников при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси.
23. Классификация связей. Уравнение связей. Перемещения возможные и действительные. Вариация и дифференциал.
24. Работа силы на возможном перемещении. Идеальные связи. Принцип возможных перемещений. Примеры определения реакций связей.

25. Принцип Даламбера – Лагранжа. Общее уравнение динамики. Алгоритм решения задач.
26. Обобщенные координаты, скорости, ускорения и возможные перемещения. Число степеней свободы.
27. Понятие обобщенной силы. Способы вычисления обобщенных сил.
28. Уравнения Лагранжа второго рода. Функция Лагранжа. Принцип возможных перемещений в обобщенных координатах.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Теоретическая механика»**

### **а) основная литература:**

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: учеб. пособие: В 2 т.: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004. -730 с.: (и предыдущие издания).
2. Диевский В.А. Теоретическая механика: учеб. пособие: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2005. -320 с.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006. – 416 с. (и предыдущие издания).
4. Яблонский А.А. и др. Курс теоретической механики. учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004, 2001, 2002. -765 с.: (и предыдущие издания).
5. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учеб. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2001, 2008. – 319 с.

### **б) дополнительная литература**

1. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. пособие: Доп. Мин.обр. СССР / Ред. А.А. Яблонский/. - М.: Интеграл-Пресс, 2004. - 382 с. (и предыдущие издания).
2. Диевский В.А. Теоретическая механика: сб.заданий: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2007. -192 с.
3. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учеб. пособие: рек.. Мин.обр.РФ/ М.: Выш. шк. 2002. – 336 с.

### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Электронный ресурс библиотеки АмГУ

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Механика»**

1. Модели рычажных и зубчатых механизмов.
2. Тесты по темам.
3. Учебный видеофильм "Динамика",
4. Программы расчета на ПЭВМ.
5. Плакаты по теоретической механике.

## **12. РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

1. Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по курсу и складывается из следующих компонентов:

- выполнение и защита домашних заданий;
  - выполнение контрольных работ;
  - сдача коллоквиума;
  - посещение лекционных и практических занятий;
  - выполнение и защита курсовой работы;
  - экзамен (2 семестр);
2. Состав рейтинговой системы оценки приведен в таблице.

3. Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях, за участие в научно-практической конференции АмГУ и других вузов.

4. Штрафные баллы вычитаются из текущего рейтинга за пропуски занятий без уважительной причины (лекции – 1 балл, практические занятия – 2 балла). Штрафные баллы выставляются при сдаче позднее установленного срока расчетно-графической работы в соответствии с таблицей.

5. При проведении промежуточной аттестации (2 раза в семестр) высчитывается текущий рейтинг на момент аттестации в соответствии с таблицей

Соотношение видов рейтинга

№	Вид рейтинга	Весовой коэффициент, %	Мах количество баллов
1	Текущий	70 %	70
2	Теоретический	30 %	30

### КОЛИЧЕСТВО КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СЕМЕСТРАМ

Контрольные работы (статика - 5 баллов, кинематика - 5 баллов, динамика -5 баллов), выполнение и защита расчетно-графических работ - 32 балла, тестирование (по темам) – 13 баллов, коллоквиум – 10 баллов.

**Таблица - Коэффициент своевременности сдачи задания**

Срок сдачи	К
Досрочно	1,2
В срок	1
1-я неделя	0,8
Последующие недели	Защите РГР без начисления баллов

**Таблица - Итоговая оценка**

Сумма баллов, набранных в течение семестра	Общая сумма баллов, с учетом сдачи экзаменов в период сессии	Итоговая оценка
61-70(> 70)	91-100	Отлично
51-60	75-90	Хорошо
40-50	55-74	Удовлетворительно
<40	<55	Неудовлетворительно

**Таблица - Балльная оценка ответов на экзамене**

Оценка по 30-ти балльной шкале	Полнота ответа на вопросы
25-30	Получены полные ответы на все вопросы билета и дополнительные вопросы, решена задача.
18-24	Получены неполные ответы на какой либо вопрос билета или дополнительные вопросы, задача решена.
11-17	Получены неполные ответы на все или часть вопросов, задача решена частично.
0-10	Получены фрагментарные ответы на вопросы, или вопросы совсем не раскрыты, задача не решена.

## 2. КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ПРОГРАММНОГО МАТЕРИАЛА

### 2.1 План-конспект лекций

#### ЛЕКЦИЯ 1

**Тема:** Введение в статику.

**Цель лекции:** структурный анализ курса теоретической механики. Знакомство с видами связей и их реакциями.

**План лекции:**

**Введение.** Предмет и значение теоретической механики в формировании инженера – энергетика и ее место среди других естественных и технических наук. Краткий исторический очерк развития механики. Основные понятия: механическое движение, равновесие, пространство, время, системы отсчета. Состояние материальных объектов: покой, движение. Метод научной абстракции в теоретической механике. Модели материального объекта: материальная точка, абсолютно твердое тело, системы материальных точек, механическая система. Величины векторные и скалярные.

**Статика.** Статика как раздел теоретической механики. Задачи статики. Основные понятия и определения статики: сила и система сил. Виды сил: равнодействующая и уравновешивающая, внешние и внутренние, сосредоточенные и распределенные, активные и пассивные. Системы сил: эквивалентные и уравновешенные, сходящаяся, параллельная, плоская и пространственная.

**Аксиомы статики:**

аксиома 1 – Принцип инерции;

аксиома 2 – Принцип равенства двух сил;

аксиома 3 – присоединения и исключения взаимоуравновешивающих сил;

аксиома 4 - определяет правило сложения двух сил (правило параллелограмма, правило «силового» треугольника);

аксиома 5 – Принцип действия и противодействия;

аксиома 6 – о равновесии деформируемого абсолютно твердого тела (о затвердевании).

**Связи и реакции связей.** Свободные и несвободные тела. Понятие связей. Принцип освобожденности от связей (аксиома - 7). Связи в геометрической статике и их классификация. Реакции связей. Связи, для которых можно указать заранее их направление. (Первая группа связей: идеально гладкая плоскость или поверхность, опора на острие, шарнирно-подвижная опора. Вторая группа связей: невесомый стержень, скользящая заделка, двойная скользящая заделка). Связи, для которых нельзя указать заранее их направления - шарнирно-неподвижная опора, подшипники, подпятники, балка консоль. Теорема о трех силах.

**Ключевые вопросы**

1. Приведите определение понятия «сила». Перечислите признаки, характеризующие силу.
2. Назовите единицы измерения силы в системах СИ, МКГСС и СГС.
3. Что называется системой сил?
4. Приведите примеры сосредоточенных и распределенных сил.
5. Что называется равнодействующей системы сил?
6. Какая сила называется уравновешивающей?
7. Дайте определение внешней и внутренней силы.
8. Сформулируйте аксиому о равновесии двух сил.
9. Какие системы сил называются статически эквивалентными?
10. Назовите простейшую систему сил эквивалентную нулю.
11. В чем сущность аксиомы присоединения и исключения уравновешенной системы сил?
12. В чем физический смысл аксиомы отвердевания?

13. Сформулируйте правило параллелограмма сил.
14. Что выражает аксиома инерции?
15. Приведите формулировку аксиомы равенства действия и противодействия.
16. Свободным или несвободным телом является намагниченная металлическая пластинка, повисшая между полюсами постоянного магнита? лежащая на столе?
17. Что называется связью? В чем заключается сущность принципа освобожденности от связей? Какое практическое значение имеет этот принцип? Привести пример.
18. Что такое реакция связи?
19. К какому объекту приложены силы реакции?
20. Что такое активные силы и реакции связей? Так как реакция связи - это сила, то верно ли положение: связь и сила понятия эквивалентные? Привести пример.
21. Перечислите основные виды связей, для которых заранее известно направление силы реакции.
22. Назовите связи, для которых заранее известна точка приложения реакции, но не ее направление.
23. Как классифицируются основные типы опор, применяемых в технике?
24. Что называется усилием в стержне?
25. Что называется натяжением нити?
26. В каких случаях не нарушится равновесие тела, если отбросить связи?

## **ЛЕКЦИЯ 2**

**Тема: Система сходящихся сил.**

**Цель лекции:** Знакомство с системой сходящихся сил и способами ее приведения к простейшему виду.

**План лекции:**

Система сходящихся сил. Геометрический способ приведения системы сходящихся сил к простейшему виду. Равнодействующая системы сходящихся сил. Силовой многоугольник. Аналитический способ приведения системы сходящихся сил к простейшему виду. Проекция системы сходящихся сил на координатные оси. Условия и уравнения равновесия системы сходящихся сил. Понятие главного вектора системы сходящихся сил. Теоремы о трех силах.

**Ключевые вопросы**

1. Приведите определение системы сходящихся сил.
2. Что называется главным вектором системы сходящихся сил?
3. Для какой системы сил равнодействующая и главный вектор совпадают?
4. Назовите методы определения равнодействующей системы сходящихся сил.
5. Как выражаются проекции равнодействующей системы сходящихся сил через проекции сил этой системы?
6. Назовите необходимое и достаточное условие равновесия системы сходящихся сил.
7. Что такое силовой многоугольник? Как определяется направление равнодействующей системы сходящихся сил при построении силового многоугольника?
8. Запишите условие равновесия системы сходящихся сил в векторной форме.
9. Какие задачи позволяют решать условия равновесия системы сходящихся сил?
10. Сформулируйте теорему о трех силах.
11. При каком условии три непараллельные силы, приложенные к твердому телу, уравниваются?
12. Возможно ли равновесие трех сходящихся сил, не лежащих в одной плоскости?

13. Как формулируется алгоритм решения задач статики на равновесие системы сходящихся сил?

### **ЛЕКЦИЯ 3**

**Тема: Теория моментов сил.**

**Цель лекции:** Определение моментов сил относительно точки и оси.

**План лекции:**

Обозначение момента силы относительно точки. Моментная точка. Плоскость действия силы. Векторный и алгебраический момент силы относительно центра. Теория пар сил. Момент пары сил. Эквивалентность пар сил. Свойства момента пары сил. Момент результирующей пары сил. Условия равновесия системы пар сил. Векторный и алгебраический момент силы относительно оси. Момент силы относительно начала координат.

**Ключевые вопросы**

1. Что такое проекция вектора на ось и на плоскость? Принципиальное отличие этих проекций?

2. Что такое моментная точка?

3. Что такое момент силы относительно полюса (точки) как вектор?

4. Чему равна алгебраическая величина момента силы относительно полюса?

Правило знаков.

5. Когда момент силы относительно полюса равен нулю?

6. Какая система сил называется парой сил?

7. Что такое момент пары?

8. Что называется плечом пары?

9. Какая плоскость называется плоскостью действия пары?

10. Почему пара сил не имеет равнодействующей?

11. Чем характеризуется действие пары сил на твердое тело?

12. Как направлен вектор момента пары сил?

13. Зависит ли действие пары сил на тело от ее места в плоскости?

14. Какие преобразования пары сил не изменяют ее действия на твердое тело?

15. Какие пары сил называются эквивалентными?

16. Что называется результирующей парой?

17. Запишите формулу для определения результирующей системы пар.

18. Сформулируйте условия равновесия плоской системы пар.

19. Изменяется ли момент силы относительно данной точки при переносе силы вдоль ее линии действия?

20. Как формулируется лемма о параллельном переносе силы?

### **ЛЕКЦИЯ 4**

**Тема: Приведение систем сил к простейшему виду. Условия и уравнения равновесия различных типов систем сил.**

**Цель лекции:** Иметь представление об условиях и уравнениях равновесия плоской и пространственной систем сил.

**План лекции:**

Приведение силы к точке, не лежащей на линии действия силы. Приведение плоской системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо) для плоской системы сил. Условия равновесия плоской системы сил. Три формы уравнений равновесия плоской системы сил. Частные случаи приведения плоской системы сил к простейшему виду. Приведение пространственной системы сил к простейшему виду. Основная теорема статики (теорема Пуансо). Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил. Частные случаи приведения

пространственной системы сил к простейшему виду. Инварианты пространственной системы сил.

### Ключевые вопросы

1. Сформулируйте основную теорему статики.
1. Сформулируйте теорему Вариньона для произвольной плоской системы сил?
2. Что называется главным вектором плоской системы сил?
3. Что называется главным моментом плоской системы сил?
4. Каковы возможные случаи приведения сил, расположенных произвольно на плоскости?
5. При каком условии сила, равная главному вектору плоской системы сил, является равнодействующей этой системы?
6. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы сил.
7. Запишите три формы уравнений равновесия плоской системы сил.
8. Будет ли находиться в равновесии плоская система сил, для которой алгебраические суммы моментов относительно трех точек, расположенных на одной прямой, равны нулю?
9. Как поступают при наличии распределенной нагрузки?
10. Пусть для плоской системы сил суммы моментов относительно двух точек равны нулю. При каких дополнительных условиях система будет в равновесии?
11. Сформулируйте необходимые и достаточные условия равновесия плоской системы параллельных сил.
12. Равновесие систем тел.
13. Зависимость главного момента от центра приведения.
14. Сформулируйте основную теорему статики для пространственной системы сил. В чем состоит смысл основной теоремы статики?
15. Дайте определение главного вектора и главного момента произвольной пространственной системы сил. Напишите их аналитические выражения.
16. Сформулируйте условия равновесия для пространственной системы сил.
17. Напишите уравнения равновесия пространственной системы сил в скалярном виде.
18. Напишите уравнения равновесия пространственной системы параллельных сил.
19. Дайте определение момента силы относительно оси и укажите способы его нахождения.
20. В каких случаях момент силы относительно оси равен нулю?
21. Представьте момент силы относительно начала координат в виде определителя, вычислите его, интерпретируйте полученный результат. Найдите модуль и направление момента силы.
22. Дайте определение главного вектора и главного момента произвольной пространственной системы сил.
23. Напишите аналитические выражения для главного вектора и главного момента.
24. Как зависят главный вектор и главный момент от перемены центра приведения?
25. Какая совокупность сил называется динамическим винтом?
26. Как должны быть взаимно расположены главный вектор и главный момент системы сил для того, чтобы она приводилась к динамическому винту?
27. Что представляет собой геометрическое место точек пространства, в которых система приводится к динамическому винту?
28. Частные случаи приведения системы пространственных сил к простейшему виду.
29. Теорема о моменте равнодействующей пространственной системы сил (теорема Вариньона).

30. Запишите формулы для вычисления проекций главного момента на координатные оси.
31. Каковы геометрические и аналитические условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
32. К какому простейшему виду можно привести систему сил, если известно, что главный момент этих сил:
- равен нулю;
  - перпендикулярен главному вектору;
  - параллелен главному вектору.
33. По какой формуле вычисляют минимальный главный момент заданной системы сил.
34. Назовите инварианты пространственной системы сил.
35. Каковы условия приведения пространственной системы сил к равнодействующей?
36. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный вектор равен нулю, а главный момент системы сил относительно этого центра не равен нулю?
37. Чему эквивалентна система сил, действующих на твердое тело, если при приведении ее к произвольному центру оказалось, что главный момент равен нулю, а главный вектор не равен нулю?

## ЛЕКЦИЯ 5

**Тема: Введение в кинематику. Кинематика точки.**

**Цель лекции:** Иметь представление о траектории, скорости и ускорении. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении кинематики точки. Знать способы задания движения точки. Знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, Знать, как определяется модуль и направление вектора скорости точки, и уметь это выполнить при любой форме достаточной исходной информации. Знать различие понятий средняя скорость и скорость в данный момент времени. Знать, как определяется модуль и направление вектора ускорения точки, и уметь это выполнить при любой форме достаточной исходной информации. Знать различие понятий среднее ускорение и ускорение в данный момент времени.

**План лекции:**

Предмет кинематики, Механическое движение. Система отсчета. Разделы кинематики. Простое и сложное движение. Возможные варианты исходной информации о положении точки, применяемые в жизни и на производстве. Объединение всех возможных вариантов в три класса: векторный способ, координатный способ и естественный способ. Введение векторного способа исходной информации о движении точки. Сущность способа, цель введения. Переход от информации о положении точки к информации о движении точки. Уравнения движения. Вектор перемещения. Годограф радиус вектора. Понятие скорости точки (средняя скорость, скорость в данный момент времени). Скорость точки как векторная производная радиус-вектора по времени. Модуль и направление вектора скорости при векторном способе задания движения точки. Примеры определения скорости точки. Понятие ускорения точки (среднее ускорение, ускорение в данный момент времени). Уравнение траектории. Примеры определения траектории движения точки. Модуль и направление вектора скорости при координатном способе исходной информации. Направляющие косинусы, проекции вектора скорости на оси декартовой системы координат. Модуль и направление вектора ускорения при координатном способе исходной информации. Направляющие косинусы, проекции вектора ускорения на оси декартовой системы координат Естественный способ задания движения точки. Дуговые координаты. Естественный трехгранник, орты естественного трехгранника. Соприкасающаяся плоскость. Закон движения. Скорость точки при естественном способе

задания движения точки. Годограф скорости. Ускорения точки при естественном способе задания движения точки. Касательное и нормальное ускорение точки. Понятие радиуса кривизны.

### **Ключевые вопросы**

1. В чем состоит сущность движения с позиций кинематики?
2. В чем выражается абсолютность пространства и времени?
3. Какие задачи изучаются в кинематике?
4. В чем различие между телом отсчета и системой отсчета?
5. Какие кинематические способы задания движения точки существуют, и в чем состоит каждый из этих способов?
6. Что называют траекторией движения точки?
7. Чем является траектория точки при векторном способе задания движения точки?
8. Что называется законом или уравнением движения точки по данной траектории?
9. Что называется перемещением точки за фиксированный промежуток времени?
10. Как по уравнениям движения точки в координатной форме определить ее траекторию?
11. Как направлена средняя скорость точки за некоторый промежуток времени?
12. Чему равен вектор скорости точки в данный момент времени, и какое направление он имеет?
13. Дайте определение среднего ускорения точки за некоторое время.
14. Как связан орт касательной к кривой с радиус-вектором движущейся точки?
15. Чему равна проекция скорости точки на касательную к ее траектории?
16. Как определяются проекции скорости точки на неподвижные оси декартовых координат?
17. Что представляет собой годограф скорости?
18. Какая существует зависимость между радиус-вектором движущейся точки и вектором скорости этой точки?
19. Какой вид имеет годограф скорости прямолинейного неравномерного движения и равномерного движения по кривой, не лежащей в одной плоскости?
20. Чему равен вектор ускорения точки и как он направлен по отношению к годографу скорости?
21. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
22. Приведите определения соприкасающейся, спрямляющей и нормальной плоскостей.
23. Как направлены естественные координатные оси в каждой точке кривой?
24. Что должно быть известно при естественном способе задания движения точки?
25. При каких условиях значение дуговой координаты точки в некоторый момент времени равно пути, пройденному точкой за промежуток от начального до данного момента времени?
26. Каковы модуль и направление вектора кривизны кривой в данной точке?
27. В какой плоскости расположено ускорение точки и чему равны его проекции на естественные координаты оси?
28. Что характеризует собой касательное и как оно направлено по отношению к вектору скорости?
29. Что характеризует собой нормальное ускорение точки и как оно направлено по отношению к скорости точки?
30. При каком движении касательное ускорение точки равно нулю? При каком движении нормальное ускорение точки равно нулю?
31. Как классифицируются движения точки по ускорениям?
32. В какие моменты времени нормальное ускорение в криволинейном движении может обратиться в нуль?
33. Чем отличается график пути от графика движения точки?

34. Как по графику движения определить алгебраическое значение скорости точки в любой момент времени?
35. Что такое равнопеременное движение точки?
36. Что такое равноускоренное (равнозамедленное) движение точки?
37. Напишите формулу для определения касательного ускорения точки и укажите, в каких случаях оно равно нулю.
38. Можно ли утверждать в общем случае, что в те моменты, когда скорость точки равна нулю, ее ускорение также обязательно имеет нулевое значение?

## **ЛЕКЦИЯ 6**

### **Тема: Простейшие движения абсолютно твердого тела.**

**Цель лекции:** исследование простейшего движения абсолютно твердого тела. Знать, как выделить простейшие движения из множества движений абсолютно твердого тела. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении простейших движений.

### **План лекции:**

Поступательное движение: определение поступательного движения. Примеры поступательного прямолинейного движения. Примеры поступательного криволинейного движения. Теорема о траекториях, скоростях и ускорениях тела при поступательном движении - путь решения этой задачи. Вращение тела относительно неподвижной оси. Признаки вращательного движения. Характеристики вращательного движения тела угол поворота тела, угловая скорость и угловое ускорение, их среднее значение и значение в данный момент времени. Определение скорости любой точки. Формула Эйлера: ее модуль и направление. Эпюра скоростей точек одного радиуса. Эпюра скоростей точек кривошипа и определение угловой скорости кривошипа по скорости одной из его точек. Определение ускорений любой точки тела. Формула Ривальдса. Эпюра ускорений точек одного радиуса (эпюра ускорений точек кривошипа и определение угловой скорости и углового ускорения кривошипа по заданному ускорению одной из его точек). Формулы Пуассона, их физический смысл. Способы передачи вращательного движения. Передаточное отношение.

### **Ключевые вопросы**

1. Перечислите основные виды движений твердого тела.
2. Что определяет число степеней свободы твердого тела?
3. Какое движение твердого тела называется поступательным, и какими свойствами оно обладает?
4. Что собой представляют траектории отдельных точек при поступательном движении?
5. Запишите уравнения поступательного движения.
6. Почему при поступательном движении скорости и ускорения его точек не могут быть различными?
7. Какое движение твердого тела называется вращением вокруг неподвижной оси и как оно осуществляется?
8. Что такое ось вращения?
9. Как записывается закон вращательного движения вокруг неподвижной оси?
10. По каким формулам определяются модули угловой скорости и углового ускорения вращающегося твердого тела?
11. Как направлены векторы угловой скорости и углового ускорения при вращении тела вокруг неподвижной оси?
12. Выведите формулы модулей скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.

13. При каких условиях ускорение точки вращающегося тела составляет с отрезком, соединяющим точку с центром описываемой ею окружности, углы  $0, 45, 90^\circ$ ?
14. Ускорения каких точек вращающегося тела:
- равны по модулю,
  - совпадают по направлению,
  - равны по модулю и совпадают по направлению?
15. Запишите в векторном виде выражения линейной скорости, касательного и нормального ускорений при вращательном движении?
16. Объясните, как направлен вектор скорости точки, вращающейся вокруг неподвижной оси?
17. Запишите формулу Эйлера. В чем ее физический смысл?
18. Запишите формулу Ривальса. В чем ее физический смысл?
19. Что представляет собой передаточное отношение передачи и как оно определяется для многоступенчатой передачи?
20. Запишите уравнение равномерного поступательного движения твердого тела.
21. Какое вращение называется равномерным?
22. Какое вращение называется равнопеременным?
23. Запишите уравнения равномерного и равнопеременного вращательного движений твердого тела.

## ЛЕКЦИЯ 7

**Тема: Плоскопараллельное движение абсолютно твердого тела.**

**Цель лекции:** исследование плоскопараллельного движения абсолютно твердого тела. Знать, признаки плоского движения. Уметь определять скорость любой точки тела как сумму двух скоростей. Уметь определять положение мгновенного центра скоростей. Показать проблемы, которые должны быть решены при изучении плоскопараллельного движения.

**План лекции:**

Определение плоского движения. Примеры плоского движения. Разложение движения плоской фигуры на два движения. Независимость угловой скорости и углового ускорения фигуры от выбора полюса. Определение скорости любой точки фигуры как суммы двух скоростей. Теорема о проекциях скоростей. Определение мгновенного центра скоростей. Определение скоростей точек плоской фигуры и точек звеньев плоского механизма с помощью МЦС. Определение ускорения любой точки фигуры при ее движении в плоскости через полюс. Определение ускорений точек звеньев плоского механизма и угловых ускорений звеньев. Мгновенный центр ускорений. Определение ускорений с помощью мгновенного центра ускорений.

**Ключевые вопросы**

- Какое движение твердого тела называется плоским?
- Приведите примеры звеньев механизмов, совершающих плоское движение
- Зависят ли поступательное перемещение плоской фигуры и ее поворот от выбора полюса?
- Из каких простых движений складывается плоское движение твердого тела?
- Покажите, что проекции скоростей точек неизменяемого отрезка на ось, совпадающую с этим отрезком, равны между собой.
- Какую точку плоской фигуры называют мгновенным центром скоростей? В чем заключается физический смысл МЦС? Приведите основные случаи определения положения МЦС?
- Как определяется величина и направление скорости произвольной точки тела при известном положении мгновенного центра скоростей и угловой скорости?
- Что представляет собой распределение скоростей точек плоской фигуры в данный момент?

9. Как построить центр поворота плоской фигуры, зная ее начальное и конечное положения?
10. Что представляют собой неподвижная и подвижная центроиды и что происходит с центроидами при действительном движении плоской фигуры?
11. Как определяется ускорение любой точки плоской фигуры?
12. Почему проекция ускорения любой точки плоской фигуры на ось, проходящую через эту точку из полюса, не может быть больше проекции ускорения полюса на эту ось?
13. Что представляет собой картина распределения ускорений точек плоской фигуры в данный момент времени в трех случаях:
- 1)  $\omega \neq 0, \varepsilon \neq 0$ ;
  - 2)  $\omega \neq 0, \varepsilon = 0$ ;
  - 3)  $\omega = 0, \varepsilon \neq 0$ ?
14. Как производят определение ускорений точек и угловых ускорений звеньев плоского механизма?

## **ЛЕКЦИЯ 8**

**Тема: Сложное движение точки.**

**Цель лекции:**

Исследование сложного движения точки. Уметь выделить относительное, переносное и абсолютное движение точки и определить кинематические параметры при сложном движении.

**План лекции:**

Относительное, переносное и абсолютное движение точки. Теорема о соотношении скоростей и ускорений при поступательном переносном движении. Теорема о соотношении скоростей и ускорений при переносном вращательном движении. Теорема Кориолиса. Модуль и направление кориолисова ускорения. Частные случаи равенства нулю кориолисова ускорения. Пример влияния одного движения на изменение вектора скорости в другом движении. Расчет кулисных механизмов.

**Ключевые вопросы**

1. Какое движение точки является сложным (составным)?
2. Какие системы координат выбирают при определении скоростей твердых тел при сложном движении?
3. Что такое относительная, переносная и абсолютная траектории?
4. Какая скорость (ускорение) является относительной? Приведите примеры.
5. Какая скорость (ускорение) называется переносной? Приведите примеры.
6. Что такое абсолютная скорость и ускорение? Приведите примеры.
7. Смысл теоремы о сложении скоростей.
8. Смысл теоремы о сложении ускорений.
9. Какое ускорение называется Кориолисовым? Как определяется его величина и направление.
10. В каких случаях ускорение Кориолиса обращается в нуль?

## **ЛЕКЦИЯ 9**

**Тема: Сферическое движение твердого тела. Общий случай движения твердого тела. Сложные движения твёрдого тела.**

**Цель лекции:**

Знать признаки сферического движения. Уметь обосновать целесообразность введения углов Эйлера при исследовании сферического движения тела. Уметь провести сравнение и уметь показать различие двух вращений: вращение тела вокруг неподвижной оси и сферического движения. Уметь раскладывать движение твердого тела на поступательное и сферическое. Иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении абсолютно твердого тела.

### **План лекции:**

Признаки сферического движения. Углы Эйлера. Уравнения движения тела. Определение скорости любой точки тела в случае, когда заданы функции: углы Эйлера и координаты точки. Определение углового ускорения. Определение вращательного и осеостремительного ускорений любой точки тела. Теорема Эйлера – Даламбера. Сопоставление вращения тела вокруг неподвижной оси и сферического движения. Мгновенная ось вращения. Случай постоянной по модулю угловой скорости. Примеры такого движения. Примеры определения углового ускорения, вращательного, осеостремительного ускорения и полного ускорения точек тела в случае постоянства угловой скорости тела при движении без использования углов Эйлера. Область применения метода расчета в инженерной практике. Подвижные и неподвижные аксоиды. Общий случай движения твердого тела. Число степеней свободы. Разложение движения твердого тела на поступательное и сферическое. Уравнения движения. Распределение скоростей и ускорений свободного тела при его пространственном движении. Угловая скорость и угловое ускорение. Линейная скорость и линейные ускорения точек. Сложение вращений твердого тела вокруг осей, пересекающихся в одной точке. Угловая скорость результирующего движения и ее определение Метод Виллиса. Сложение двух поступательных движений твердого тела. Сложение поступательного и вращательного движений. Сложение двух вращений. Сложение вращательных движений около пересекающихся осей, Сложение вращательных движений около параллельных и антипараллельных осей. Мгновенная ось вращения и мгновенная угловая скорость результирующего движения. Пара вращений, момент пары вращений. Определение скоростей точек твердого тела в том случае, когда оно участвует в паре вращений. Сложение поступательных и вращательных движений.

### **Ключевые вопросы**

1. Сколько степеней свободы имеет твердое тело, совершающее сферическое движение?
2. Укажите, вокруг какой оси будет вращаться тело, если изменяется только или угол прецессии, или только угол собственного вращения, или угол нутации?
3. По какой формуле определяются скорость любой точки тела, совершающего сферическое движение?
4. Что называется мгновенной осью вращения?
5. Как распределяются скорости точек тела, имеющего одну неподвижную точку, относительно мгновенной оси вращения?
6. Что называется вектором углового ускорения твердого тела при сферическом движении?
7. Как направлен вектор углового ускорения при сферическом движении?
8. По какой формуле определяется ускорение любой точки тела, совершающего сферическое движение?
9. На какие составляющие движения можно разложить движение свободного тела в общем случае и как они зависят от выбора полюса?
10. Как определяют скорости точек свободного твердого тела?
11. Как связаны между собой скорости точек свободного тела, расположенного на отрезке произвольного направления, и на отрезке, параллельном мгновенной оси вращения?
12. Покажите, что векторы угловой скорости и углового ускорения свободного тела не зависят от выбора полюса.
13. Как определяют ускорения точек свободного твердого тела?
14. Какое движение тела является сложным?
15. Сформулируйте определения абсолютного, относительного и переносного движений твердого тела.

16. Как определить скорость произвольной точки тела, совершающего поступательное переносное и поступательное относительное движения?
17. Что собой представляет результирующее движение при вращении тела одновременно в одну и ту же сторону вокруг параллельных осей?
18. Как складываются:
- а) два поступательных движения?
  - б) два вращательных движения вокруг пересекающихся осей? Каким будет результирующее движение?
19. Как определить при сложении вращений вокруг пересекающихся осей: мгновенную угловую скорость тела, скорость заданной точки тела и ее ускорение?
20. Как складываются вращения:
- а) вокруг скрещивающихся осей?
  - б) вокруг параллельных осей?
21. Что называется парой вращений? Чему эквивалентна пара вращений?
22. Чему равна мгновенная угловая скорость тела, совершающего вращения вокруг пересекающихся осей?
23. Какое движение тела называется винтовым? Сложением каких движений оно получается?
24. Какие инварианты кинематики вы знаете?

## **ЛЕКЦИЯ 10**

**Тема: Динамика как раздел теоретической механики. Основные понятия и аксиомы динамики.**

### **Цель лекции:**

Иметь представление о разделе «Динамика» дисциплины теоретическая механика, о двух основных задачах динамики, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения.

### **План лекции:**

Динамика как раздел теоретической механики. Законы Галилео-Ньютона. Инерциальная и неинерциальная система отсчета. Первая и вторая задачи динамики. Дифференциальные уравнения движения свободной материальной точки: в векторном виде, в проекциях на оси декартовой и естественной систем координат. Дифференциальные уравнения движения несвободной материальной точки. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

### **Ключевые вопросы**

1. Сформулируйте законы (аксиомы) динамики.
2. Какое уравнение называется основным уравнением динамики?
3. Написать дифференциальные уравнения движения точки в проекциях на оси координат (декартовы, естественные).
4. Каковы две основные задачи динамики точки, которые решаются при помощи дифференциальных уравнений движения точки?
5. Сформулируйте первую (прямую) задачу динамики точки.
6. Как определяются произвольные постоянные при интегрировании дифференциальных уравнений движения материальной точки?
7. Сформулируйте вторую (обратную) задачу динамики точки.
8. Приведите формулировку закона независимости действия сил.
9. Дайте определение инерциальной системы отсчета.

## **ЛЕКЦИЯ 11**

**Тема: Геометрия масс.**

### **Цель лекции:**

Получить представление о геометрии сечений. Уяснить физический смысл моментов инерции.

**План лекции:**

Введение в динамику механической системы. Силы внешние и внутренние. Моменты инерции материальной точки относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции системы материальных точек, относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции абсолютно твердого тела относительно полюса, оси и плоскости. Моменты инерции однородных тел. Радиус инерции. Физический смысл моментов инерции. Осевые моменты инерции в декартовых координатах. Полярный момент инерции в декартовых координатах. Связь между осевыми и полярным моментами инерции. Центробежные моменты инерции. Главные оси инерции. Теорема Гюйгенса – Штейнера (теорема о моментах инерции относительно параллельных осей). Момент инерции относительно оси любого направления. Тензор инерции. Эллипсоид инерции и его физический смысл.

**Ключевые вопросы**

1. Момент инерции относительно полюса, оси и плоскости.
2. Осевые и центробежные моменты инерции, их математические выражения.
3. Радиус инерции и его физический смысл.
4. Моменты инерции относительно параллельных осей.
5. Эллипсоид инерции.
6. Главные оси инерции и их свойства.

**ЛЕКЦИЯ 12-13**

**Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема о движении центра масс. Теорема об изменении количества движения.**

**Цель лекции:**

Иметь представление о системе параллельных сил и центре системы параллельных сил, о силе тяжести и центре тяжести; знать методы для определения центра тяжести тела и формулы для определения положения центра тяжести плоских фигур; уметь определять положение центра тяжести простых геометрических фигур, составленных из стандартных профилей. Иметь представление о понятиях «центр масс», «количество движения», «импульс силы». Научить определять параметры движения с помощью теоремы о движении центра масс и теоремы об изменении количества движения. Научиться применять закон сохранения движения центра масс и закон сохранения количества движения к решению практических задач.

**План лекции:**

Последовательное сложение параллельных сил. Центр параллельных сил. Центр тяжести и центр масс, методы их нахождения. Центр тяжести однородных тел и его координаты. Общие теоремы динамики механической системы. Теорема о движении центра масс: центр масс механической системы. Центр масс отдельных тел. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения движения центра масс. Количество движения материальной точки и механической системы. Теорема об изменении количества движения (дифференциальный вид). Понятие элементарного импульса и импульса силы за какой-либо промежуток времени. Теорема импульсов (интегральный вид теоремы об изменении количества движения). Закон сохранения количества движения в дифференциальном и интегральном виде.

**Ключевые вопросы**

1. Что называют материальной системой, неизменяемой материальной системой?
2. Какие силы называют внешними силами, внутренними силами?
3. Чему равны главный вектор, главный момент, работа внутренних сил?
4. Что называют центром масс механической системы?
5. Как определяются координаты центра масс системы?

6. Может ли центр масс твердого тела находиться вне этого тела?
7. Запишите формулу для определения координат центра масс в трехмерном пространстве.
8. Из какого физического закона вытекает, что равнодействующая внутренних сил системы равна нулю?
9. Сформулируйте теорему о движении центра масс системы.
10. Сформулируйте закон сохранения движения центра масс системы.
11. В каких случаях центр масс системы движется равномерно и прямолинейно?
12. Что называется количеством движения точки?
13. Что называется элементарным импульсом силы?
14. Как определяется импульс силы за конечный промежуток времени?
15. Как формулируется теорема об изменении количества движения точки в дифференциальной форме?
16. Как формулируется теорема об изменении количества движения в конечной форме?
17. Как определить количество движения системы?
18. Сформулируйте теорему об изменении количества движения системы в дифференциальной форме.
19. Как формулируется теорема об изменении количества движения системы в конечной форме?
20. Сформулируйте закон сохранения количества движения системы.
21. В каком случае количество движения механической системы не изменяется?
22. Почему силы притяжения к Земле, действующие на точки тела, можно принять за систему параллельных сил?
23. Что такое центр тяжести тела?
24. Что называется центром взаимно параллельных сил? Каким свойством он обладает?
25. Как определить координаты центра взаимно параллельных сил?
26. По каким формулам можно определить координаты центра тяжести однородного тела (объемного, образованного поверхностью, линейного)?
27. Запишите формулы для определения положения центра тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, трапеции, половины круга, дуги окружности, кругового сектора.
28. В чем заключается метод симметрии при определении центра тяжести тела?
29. В чем заключается метод разбиения при определении центра тяжести тела?
30. В чем заключается метод отрицательных масс при определении центра тяжести тела?
31. Как определить положение центра тяжести площади, если известно положение центров тяжести отдельных ее частей?

## **ЛЕКЦИЯ 14**

**Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении кинетической энергии.**

### **Цель лекции:**

Иметь представление о кинетической энергии материальной точки, системы материальных точек, абсолютно твердого тела. Иметь представление о работе силы при прямолинейном и криволинейном движении, о мощности полезной и затраченной. Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении кинетической энергии в дифференциальном и интегральном виде.

### **План лекции:**

Кинетическая энергия материальной точки, механической системы и твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движении абсолютно твердого тела.

Теорема Кёнига. Работа силы: элементарная, на конечном перемещении, силы тяжести, силы трения скольжения, силы упругости. Элементарная работа момента силы. Мощность силы. Теоремы об изменении кинетической энергии точки и механической системы (дифференциальный и интегральный вид). Изменяемые и неизменяемые механические системы. Потенциальное силовое поле и его свойства. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

#### **Ключевые вопросы**

1. Как определить кинетическую энергию абсолютно твердого тела при поступательном движении, вращении вокруг неподвижной оси, плоском движении тела и сферическом движении?
2. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетической энергии точки в дифференциальной форме.
3. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетической энергии точки в конечной форме.
4. Для какой системы изменения кинетической энергии не зависят от внутренних сил?
5. Понятие работы силы. Как определяется работа силы тяжести, силы упругости, силы трения скольжения, момента трения качения.
6. Что называется силовым полем?
7. Какое силовое поле называется потенциальным?
8. Чему равна работа сил, действующих на точки системы в потенциальном поле, на замкнутом перемещении?
9. Сформулируйте и запишите закон сохранения полной механической энергии.

### **ЛЕКЦИЯ 15**

**Тема: Общие теоремы динамики материальной точки и механической системы. Теорема об изменении кинетического момента.**

#### **Цель лекции:**

Иметь представление о моменте количества движения относительно точки и оси. Иметь представление о кинетическом моменте механической системы и кинетическом моменте относительно оси вращения. Научить определять параметры движения с помощью теоремы об изменении кинетического момента. Научиться применять закон сохранения кинетического момента.

#### **План лекции:**

Векторный момент количества движения материальной точки относительно полюса: алгебраическое значение, направление вектора. Момент количества движения материальной точки относительно оси. Момент количества движения относительно начала координат. Кинетический момент механической системы относительно точки. Кинетический момент механической системы относительно оси. Кинетический момент вращающегося тела относительно оси вращения. Основное дифференциальное уравнение вращательного движения абсолютно твердого тела. Теорема об изменении кинетического момента. Закон сохранения кинетического момента.

#### **Ключевые вопросы**

1. Что называется моментом количества движения точки?
2. Что называется главным моментом количества движения системы (кинетическим моментом системы)?
3. Как определяется кинетический момент системы относительно неподвижной оси?
4. Чему равен кинетический момент твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?

5. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетического момента относительно полюса.
6. Сформулируйте и запишите теорему об изменении кинетического момента относительно оси.
7. Сформулируйте закон сохранения кинетического момента системы.
8. В каких случаях кинетический момент системы относительно точки и относительно оси остается постоянным?

## **ЛЕКЦИЯ 16**

**Тема: Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы**

**Цель лекции:**

Иметь представление о силах инерции и моментах сил инерции для решения практических задач. Уметь определять параметры движения, используя метод кинестатики.

**План лекции:**

Принцип Даламбера для материальной точки. Силы инерции. Принцип Даламбера для механической системы. Главный вектор сил инерции. Главный момент сил инерции. Частные случаи приведения сил инерции: при поступательном движении, при вращательном движении вокруг центра масс, при вращении вокруг произвольной оси, при плоском движении, при равномерном вращении однородного стержня. Метод кинестатики.

**Ключевые вопросы**

1. В чём заключается принцип Даламбера для точки?
2. Каковы модуль и направление вектора силы инерции точки?
3. В чём заключается принцип Даламбера для системы?
4. Чему равен главный вектор сил инерции?
5. Чему равен главный момент сил инерции?
6. Силы инерции в частных случаях движения твёрдого тела: поступательного, вращательного вокруг оси, проходящей через центр масс, вокруг оси, не проходящей через центр масс, плоскопараллельного движения твёрдого тела.
7. Какая механическая система называется динамически уравновешенной?
8. В каком случае динамические составляющие подшипника и подпятника обращаются в нуль?

## **ЛЕКЦИЯ 17**

**Тема: Аналитическая механика. Принцип Лагранжа.**

**Цель лекции:**

Иметь представление об аналитических связях, перемещениях возможных и действительных. Изучить принцип Лагранжа и общее уравнение динамики.

**План лекции:**

Аналитические связи: односторонние и двухсторонние, кинематические и геометрические, стационарные и нестационарные, голономные и неголономные, идеальные и неидеальные. Вариация и дифференциал. Перемещения возможные и действительные. Виртуальная работа силы. Постулат идеальных связей. Принципы Лагранжа: принцип возможных перемещений, принцип возможных скоростей. Принцип Даламбера – Лагранжа. Общее уравнение динамики.

**Ключевые вопросы**

1. Какие материальные системы называют свободными и несвободными?
2. Что называют аналитическими связями?
3. Какие связи называют геометрическими и кинематическими?
4. Какие связи называют стационарными и нестационарными?
5. Какие связи называют удерживающими и недерживающими?
6. Какие связи называют голономными и неголономными?

7. Что называется возможным (виртуальным) перемещением?
8. Зависят ли виртуальные перемещения от действующих на материальную систему сил?
9. При каких связях одно из виртуальных перемещений материальной точки совпадает с ее действительным перемещением?
10. Как взаимосвязаны возможные и действительные перемещения системы?
11. Какие связи называют идеальными?
12. Сформулируйте принцип возможных перемещений.
13. Возможно ли применение принципа возможных перемещений к системам с неидеальными связями?
14. Что такое число степеней свободы?
15. Какие принципы используются при получении общего уравнения динамики?
16. Как записывается общее уравнение динамики для системы, подчиненной голономным, стационарным, удерживающим и идеальным связям?
17. Как определить работу, совершаемую силами инерции при различных видах движения твердого тела?

## ЛЕКЦИЯ 18

**Тема: Свободные прямолинейные колебания материальной точки.**

**Цель лекции:**

Научить составлять дифференциальные уравнения колебаний точки, решать эти уравнения и анализировать решение.

**План лекции:**

Колебания в природе и технике. Определений положений равновесия. Устойчивость положения равновесия. Понятие малых колебаний. Свободные прямолинейные колебания материальной точки. Вывод уравнений свободных колебаний и их анализ.

**Ключевые вопросы**

1. Какие силы порождают колебательные движения механической системы?
2. Как определяется кинетическая энергия механической системы со стационарными связями с одной степенью свободы при ее малых колебаниях около положения устойчивого равновесия?
3. Как определяется потенциальная энергия консервативных сил при малых колебаниях механической системы около положения устойчивого равновесия?
4. Запишите дифференциальное уравнение движения материальной точки с одной степенью свободы при ее малых колебаниях без сопротивления.
5. Как определить амплитуду, начальную фазу, круговую частоту и период свободных колебаний системы с одной степенью свободы в среде без сопротивления?

### 5.2 Терминологический словарь

**Бинормаль** – ось естественной системы координат, проходящая перпендикулярно соприкасающейся плоскости.

**Вектор**

**главный системы сил**  $\square$  геометрическая сумма векторов сил данной системы;

**скользящий** – вектор, имеющий возможность переноса точки его приложения  $\square$  вдоль линии действия без нарушения состояния тела, к которому он приложен;

**свободный** – вектор, имеющий возможность параллельного переноса без нарушения состояния тела, к которому он приложен;

**угловой скорости тела** – вектор, модуль которого равен абсолютному значению угловой скорости, направленный вдоль вращения тела в ту сторону, откуда вращение тела видно происходящим против движения часовой стрелки;

**углового ускорения тела**  $\square$  вектор, модуль которого равен абсолютному значению углового ускорения, направленный вдоль оси вращения тела в направлении вектора угловой скорости (случай ускоренного вращательного движения твердого тела) или в противоположном (случай замедленного вращательного движения тела).

**Время абсолютное** – время, не зависящее от движения тел, одинаковое во всех точках пространства и во всех системах отсчета.

**Годограф** – кривая линия, представляющая собой геометрическое место концов переменного (изменяющегося со временем) вектора, значения которого в разные моменты времени отложены от общего начала.

#### **Движение**

**абсолютное** – движение, рассматриваемое по отношению к инерциальной системе отсчета;

**вращательное твердого тела** – движение, при котором все точки, лежащие на некоторой прямой, неизменно связанной с телом, остаются неподвижными;

**замедленное** – движение, при котором материальное тело (точка) за каждый равный последующий промежуток времени имеет меньшие перемещения;

**механическое** – изменение с течением времени относительного положения материальных объектов;

**переменное** – движение, при котором материальное тело (точка) за равные промежутки времени имеет различные перемещения;

**плоское (плоскопараллельное) твердого тела** – сложное движение твердого тела, при котором его точки движутся в плоскостях, параллельных какой-либо неподвижной плоскости;

**по инерции**  $\square$  - свойство материального тела (точки) сохранять состояние своего движения при отсутствии действия сил или их равновесии;

**поступательное твердого тела**  $\square$  - движение тела, при котором всякая прямая, неизменно связанная с этим телом, в любой момент его движения остается параллельной своему первоначальному положению;

**равномерное** движение, при котором материальное тело (точка) за равные промежутки времени имеет одинаковые перемещения;

**сложное**  $\square \square$  движение, при котором материальное тело (точка) совершает два или более одновременных движений;

**ускоренное**  $\square \square$  движение, при котором материальное тело (точка) за каждый последующий равный промежуток времени имеет большее перемещение.

**Динама** — совокупность силы и пары сил, лежащей в плоскости, перпендикулярной силе.

**Динамика**  $\square$  раздел теоретической механики, изучающий движения материальных тел (точек) под действием приложенных к ним сил.

**Динамический винт** (см. динама).

#### **Задача**

**основная (прямая) задача динамики**  $\square$ , в которой по заданному закону движения материальной точки (тела) определяются силы, вызывающие данное движение;

**основная (обратная) задача динамики**, в которой по заданным силам, действующим на материальную точку (тело) определяется закон движения данной точки (тела);

**статически неопределимая**  $\square$  задача, в которой число неизвестных величин, входящих в составленные независимые уравнения превышает количество этих уравнений;

**статически определимая**  $\square$  задача, в которой число составленных независимых уравнений не менее количества искомых неизвестных величин, входящих в эти уравнения.

#### **Звено**

**входное звено**, имеющее начальное движение, которое должно быть преобразовано механизмом в требуемые движения других звеньев;

**выходное звено**, совершающее движение, для выполнения которого предназначен механизм.

**Инертность** – свойство материальных тел быстро или медленно изменять скорости своего движения под действием приложенных к ним сил.

#### **Импульс**

**силы** - вектор, равный произведению вектора силы на время ее действия;

**элементарный**  $\square$ - произведение силы на элементарный промежуток времени ее действия.

**Кинематика**  $\square$ - раздел теоретической механики, изучающий движение материальных тел (точек), без учета причин (сил), вызывающих или изменяющих это движение.

**Кинетика**  $\square$  раздел механики, включающий в себя статику и динамику, в котором исследуется механическое состояние тела в связи с физическими причинами, его определяющими.

**Кинетическая энергия** материальной точки – одна из основных мер механического движения; скалярная величина, равная половине произведения массы точки на квадрат ее скорости.

**Количество движения материальной точки**  $\square$ - одна из основных мер механического движения; векторная величина, равная по модулю произведению массы точки на ее скорость и направленная вдоль вектора скорости точки.

**Конус трения** -  $\square$  геометрическое место прямых линий, проведенных из некоторой точки под соответствующими углами трения к нормали опорной поверхности. Конус трения является характеристикой изменения направления и числового значения вектора силы трения скольжения от направления относительного перемещения тела.

#### **Коэффициент**

**полезного действия машины**  $\square$ - отношение полезной работы к работе, произведенной двигателем;

**трения скольжения** — безразмерная величина, зависящая от материала и степени шероховатости соприкасающихся поверхностей тел при их относительном скольжении;

**трения качения** — линейная величина, зависящая от физико-механических свойств материалов тел при их относительном качении.

#### **Кривизна**

**кривой линии**  $\square$ - предел, к которому стремится средняя кривизна некоторой дуги при неограниченном сближении ее крайних точек;

**средняя**  $\square$ - отношение угла между касательными, проведенными к дуге кривой в двух ее крайних точках, к длине этой дуги.

#### **Линия**

**действия силы** -  $\square$  направление перемещения, которое получит под действием силы точка ее приложения, вначале находившаяся в состоянии покоя;

**центров** -  $\square$  линия, проходящая через центры тяжести соударяющихся тел.

**Масса** - физическая величина, одна из основных характеристик материи, определяющая ее гравитационные и инерционные свойства;

**материальной системы**  $\square$ - алгебраическая сумма масс всех материальных точек (тел), входящих в данную, систему.

**Метод кинетостатики** – метод, основанный на принципе Д'Аламбера, позволяющий решать задачи динамики с помощью методов статики.

**Механизм** -  $\square$  система тел, предназначенная для преобразования механического движения его входного звена в требуемое движение звена выходного;

**передаточный** □ **механизм**, у которого движение выходного звена является заданной функцией движения входного звена;

**плоский** □ **механизм**, траектории всех точек звеньев которого лежат в параллельных плоскостях;

**пространственный** □ **механизм**, траектории некоторых точек которого являются пространственными кривыми относительно неподвижной системы отсчета или лежат в пересекающихся плоскостях.

**Многоугольник сил** □ - геометрическое построение ломаной линии, образованной последовательным параллельным переносом и геометрическим сложением векторов сил, входящих в систему сил, для определения главного вектора данной системы.

**Модуль** □ - числовое значение векторной величины.

**Момент**

**главный системы сил относительно центра** □ - векторная сумма моментов всех сил системы относительно этого центра;

**главный количеств движения** относительно центра (оси) векторная (алгебраическая) сумма моментов количеств движения материальных точек, входящих в систему, относительно центра (оси);

**инерции** □ - мера инертности тела при его вращательном движении;

**кинетический** (см. главный момент количеств движения);

**количества движения** - относительно точки □ вектор, равный по модулю произведению модуля количества движения на длину перпендикуляра, опущенного из точки на линию действия вектора количества движения, и направленный перпендикулярно плоскости действия момента таким образом, чтобы с его конца видно стремление вектора количества движения производить вращение против движения часовой стрелки;

**относительно оси** □ - вектор, равный по модулю скалярному произведению модуля проекции вектора количества движения на плоскость, перпендикулярную оси, на кратчайшее расстояние от точки пересечения оси с плоскостью до линий действия данной проекции и направленный вдоль оси в сторону, с которой видно стремление вектора количества движения производить вращение против движения часовой стрелки.

**Мощность** - □ положительная скалярная величина, характеризующая работу, совершаемую в единицу времени.

**Нормаль**

**перпендикуляр к касательной плоскости**, проведенный через точку касания с поверхностью;

**главная** - ось естественной системы координат, являющаяся перпендикуляром к касательной оси, лежащей в соприкасающейся плоскости, и имеющая положительное направление в сторону вогнутости траектории движения точки.

**Ось вращения тела** - □□□ прямая линия, связанная с телом, точки которой при движения тела остаются неподвижными;

**касательная** - □ ось естественной системы координат, проведенная через точку по касательной к ее траектории и имеющая положительное направление в сторону вектора скорости данной точки;

**центральная тела** □□ - ось, проходящая через центр масс данного тела.

**Пара сил** – система двух параллельных сил, равных по модулю, направленных в противоположные стороны и не имеющих общую линию действия.

**Параллелограмм сил** - □ геометрическое построение, выражающее закон сложения сил: вектор, изображающий силу, равную геометрической сумме двух сил, является диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на его сторонах.

**Перемещения**

**возможные механической системы**  $\square$  элементарные (бесконечно малые) перемещения, которые точки механической системы могут совершать из занимаемого ими в данный момент времени положения, не нарушая наложенных на систему связей;

**элементарные**  $\square$ - перемещения точек за бесконечно малый промежуток времени.

### **Плечо**

**пары сил**  $\square\square$ - линейная величина, определяемая кратчайшим расстоянием между линиями действия сил, входящих в данную пару;

**силы**  $\square$ - линейная величина, определяемая кратчайшим расстоянием (перпендикуляром) от точки до линии действия силы.

### **Плоскость**

**действия момента силы относительно точки (полюса, центра)** -  $\square$  плоскость, проходящая через вектор силы и точку (полюс), относительно которой рассматривается данный момент силы;

**действия пары сил**  $\square$ - плоскость, в которой лежат векторы сил, образующих данную пару;

**нормальная  $\square$  плоскость** в естественной системе координат, проходящая через главную нормаль перпендикулярно соприкасающейся плоскости;

**соприкасающаяся  $\square$  плоскость** в естественной системе координат, проходящая через касательную ось и точку, лежащую на траектории движения и удаленную от центра данной системы на элементарно малое расстояние.

### **Принцип**

**возможных перемещений** -  $\square$  один из вариационных принципов механики, устанавливающий общие условия равновесия механической системы;

**принцип Д'Аламбера** -  $\square$  принцип, согласно которому уравнения движения тел можно составлять в форме уравнений статики, если к действующим на тело силам и реакциям связей присоединить силы инерции;

**принцип Д'Аламбера – Лагранжа**  $\square\square$  -  $\square$  один из основных принципов механики, дающий общий метод решения задач динамики и статики; объединяет в себе принцип возможных перемещений и метод кинетостатики;

**отвердевания** -  $\square$  аксиома статики, согласно которой, если тело деформируемое, находящееся под действием системы сил в состоянии равновесия, станет абсолютно твердым, то его равновесие не нарушится.

### **Работа**

**постоянной силы** на прямолинейном отрезке  $\square$  скалярная величина, равная произведению модуля силы на длину участка перемещения точки приложения силы и на косинус угла между направлениями вектора силы и перемещения;

**силы элементарная** -  $\square$  работа силы на бесконечно малом перемещении точки приложения силы.

**Равновесие** -  $\square\square$  неизменное положение тела по отношению к выбранной системе отсчета.

### **Радиус**

**инерции**  $\square$ - кратчайшее расстояние от оси какой-либо точки, в которой необходимо сосредоточить всю массу тела, чтобы момент инерции этой сосредоточенной массы был равен моменту инерции тела относительно данной оси;

**кривизны**  $\square$  величина, обратная кривизне кривой линии.

**Реакция связи**  $\square\square$  - сила взаимодействия между рассматриваемым материальным телом и телом, осуществляющим связь.

**Связь**  $\square\square$  - условие (тело), ограничивающее свободу движения рассматриваемого материального тела.

### **Сила**

**мера механического воздействия** одного материального объекта на другой;

**внешняя** - сила взаимодействия между отдельными материальными точками (телами), входящими в различные системы;

**внутренняя** - сила взаимодействия между отдельными материальными точками телами), входящими в одну систему;

**восстанавливающая** - сила, стремящаяся вернуть материальную точку (тело) в положение равновесия;

**инерции** - сила, равная по модулю произведению массы материальной точки на модуль ее ускорения и направленная в сторону, противоположную ускорению;

**равнодействующая** - сила, эквивалентная системе сил;

**распределенная** - совокупность сил, действующих на ряд точек материального тела по некоторому объему, площади или линии;

**сосредоточенная** - сила, приложенная к материальному телу в какой-либо одной его точке;

**Силовое поле** - область (часть пространства), в каждой точке которой на помещенную в ней материальную точку действует сила, однозначно определенная по величине и направлению в любой момент времени.

### **Скорость**

**точки** - векторная величина, характеризующая для каждого данного момента времени быстроту движения точки и направление этого движения;

**угловая тела** - векторная величина, характеризующая изменение угла поворота тела с течением времени.

### **Система**

**гелиоцентрическая** - инерциальная система отсчета (координат) с Солнцем, принятым за центр, и координатными осями, направленными на неподвижные звезды;

**геоцентрическая** - инерциальная система отсчета (координат) с Землей, принятой за центр, и координатными осями, направленными на неподвижные звезды;

**механическая (материальных точек)** - совокупность материальных точек, известным способом связанных между собой так, что каждая из них не может перемещаться независимо от остальных;

**неизменяемая** - (см. тело абсолютно твердое;)

**сил** - совокупность сил, приложенных к твердому телу (материальной точке);

**параллельных** - система сил, линии действия которых, параллельны;

**плоская** - система сил, векторы которых расположены в одной плоскости;

**произвольная** - система сил с произвольным расположением их векторов;

**пространственная** - система сил, векторы которых не лежат в одной плоскости;

**сходящихся** - система сил, линии действия которых, пересекаются в одной точке;

**уравновешенная** - система сил, под действием которой твердое тело находится в состоянии равновесия;

**эквивалентная** - система сил, которой можно заменить иную систему сил, приложенную к твердому телу, не нарушая при этом его состояния покоя или не изменяя его движения;

**отсчета** - система координат, неизменно связанная с каким-либо физическим телом, относительно которого определяется положение изучаемого объекта;

**отчета инерциальная** - система отсчета, по отношению к которой выполняются законы Ньютона.

**Состояние покоя** - (см. равновесие).

**Статика** - раздел теоретической механики, рассматривающий вопросы воздействия совокупности сил на материальные тела, а также условия равновесия сил, приложенных к твердому телу.

### **Тело**

**абсолютно твердое** - тело, у которого расстояние между двумя точками не изменяются, независимо от действия других тел;

**несвободное** □□ - материальное тело, имеющее ограничение (ограничения) в свободе его перемещения;

**переменной массы** □□- материальное тело, масса которого изменяется с течением времени;

**свободное** -□ материальное тело, которое имеет возможность любого перемещения в пространстве;

**Теоретическая механика** □ - это наука, изучающая механическое движение и механическое взаимодействие макротел и их частиц со скоростями много меньше скорости света;

#### **Точка**

**изолированная** □- материальная точка, находящаяся вне воздействия других материальных точек (тел);

**приложения силы** □- материальная частица тела, на которую действует сила.

**Траектория движения точки** □- геометрическое место последовательных положений движущейся точки.

#### **Трение**

**качения** □ -□□ сопротивление, возникающее при качения одного твердого тела по поверхности другого;

**скольжения** □- сопротивление, возникающее при скольжении одного твердого тела по поверхности другого.

**Угол трения**□ - характеристика трения скольжения; угол между равнодействующей сил трения скольжения и нормальной реакции нормали к опорной поверхности.

#### **Ускорение**

**точки** - □□векторная величина, характеризующая изменение числового значения и направления вектора скорости точки по времени;

**касательное** □- составляющая ускорения материальной точки при криволинейном движении с направлением вектора по касательной к траектории; характеризует изменение числового значения вектора скорости точки по времени;

**нормальное** -□ составляющая ускорения материальной точки при криволинейном движении, направленная по главной нормали к траектории в сторону центра кривизны. Характеризует изменение вектора скорости движения точки по направлению;

**угловое** тела -□ векторная величина, характеризующая изменение вектора угловой скорости с течением времени;

**Ферма** -□ конструкция, состоящая из стержней, соединенных между собой по концам шарнирами, и образующих геометрически неизменяемую систему.

**Фигура плоская** □- сечение тела плоскостью, параллельной той неподвижной плоскости, по отношению к которой рассматривается плоское (плоскопараллельное) движение данного тела.

**Центр тяжести тела** -□ неизменно связанная с материальным телом геометрическая точка, через которую проходит линия действия силы тяжести данного тела при любом его положении в пространстве.

**Частота вращения** тела -□ количество оборотов, совершаемых телом за 1 минуту;

#### **Число**

**передаточное механизма** -□ отношение угловых скоростей ведущего и ведомого звеньев механизма;

**степеней свободы** твердого тела □число простейших (поступательных, вращательных) движений твердого тел относительно выбранной системы отсчета.

### **5.3. Методические рекомендации по изучению дисциплины**

Курс теоретической механики состоит из научной и практической части. Первая часть курса обычно излагается на лекциях. Вторая часть изучается на практических занятиях и заключается в решении задач механики.

В настоящее время издается много учебников и учебных пособий по курсу «Теоретическая механика», анализ которых показывает, что авторы, в основном, придерживаются единой точки зрения на подбор материала, которые в основном содержат разделы:

- **статика:** реакции связей, условия равновесия систем сил, теория пар сил;
- **кинематика:** кинематические характеристики точки, сложное движение точки, частные и общие случаи движения твердого тела;
- **динамика:** дифференциальные уравнения движения точки в инерциальной системе отсчета, общие теоремы динамики точки и механической системы, аналитическая механика.

Поэтому при изучении дисциплины можно пользоваться любым учебником (учебно-методическим пособием), имеющимся в библиотеке или в личном пользовании.

Успешность освоения теоретической механики существенным образом зависит от знаний по математике.

### **2.3.1 Методические указания по изучению дисциплины (теоретический материал)**

**Лекции** – раскрывают основные вопросы в рамках рассматриваемой темы, делают акценты на наиболее сложные и интересные положения изучаемого материала, которые должны быть усвоены студентами. Материалы лекций являются основой для изучения курса и подготовки к практическим занятиям. Лекция является одним из основных источников знаний, так как она содержит в себе информацию в обобщенном и законченном виде. Лекция обеспечивает первичное усвоение материала курса, способствует развитию познавательных интересов.

При изучении курса учебной дисциплины особое внимание следует обратить на правильное ведение конспекта. После лекции необходимо работать с учебниками, рекомендованными лектором, дополнять лекцию новыми примерами, разъяснениями, дополняющими рассмотренную теорию. Вносить в конспект курса лекций теоретические вопросы, отнесенные к самостоятельному изучению согласно рабочей программы дисциплины.

Перед очередной лекцией полезно изучить предыдущую лекцию

### **2.3.2 Методические указания к изучению дисциплины (практические занятия)**

**Задачей** практических занятий является изучение методов расчета типовых задач, а также практическое осмысление основных теоретических положений курса. При решении задач обращается внимание на логику решения, на физическую сущность используемых величин, их размерность. Далее проводится анализ полученного решения, результат сопоставляется с реальными объектами, что вырабатывает у студентов инженерную интуицию.

**Цель** практических занятий – научить динамическому и математическому моделированию статических и динамических процессов, происходящих в механических системах, на примере решения типовых задач.

В итоге изучения дисциплины студент должен знать основные понятия и законы механики, виды движений, уравнения равновесия и уравнения движения тел; должен понимать механический смысл законов и уравнений; должен уметь применять законы и уравнения при анализе и расчетах движений механизмов.

Под умением применять законы и уравнения при анализе и расчете движений звеньев механизма понимаются следующие умения:

- умение определить вид движения тела (поступательное, вращательное вокруг неподвижной оси, плоское движение, и т.п.) и записать формулу передачи движения от одного тела к другому;
- умение по виду движения тел и данным поставленной задачи определить закон (теорему, уравнение, принцип), с помощью которого задачу можно решить.

В статике научиться:

- правильно выбирать объекты, равновесие которых необходимо (удобно) рассмотреть для определения неизвестных параметров;
- правильно и быстро определить виды условий равновесия разных систем сил, составить их и решить;
- пониманию эквивалентного преобразования систем сил, правильному упрощению разных типов систем сил.

**В кинематике** научиться:

- представлять различные типы движения твердого тела и уметь анализировать кинематические характеристики точки и твердого тела;
- умению моделировать многообразные механические системы и анализировать их кинематические свойства;
- решать многообразные кинематические задачи для точки, абсолютно твердого тела, используя теорию сложения движений.

**В динамике** научиться:

- умению объединять знания по статике, кинематике, необходимым разделам математики с достаточно сложными понятиями динамики для анализа изученных и новых моделей механических систем.

Перед практическим занятием разобрать материал, изложенный на лекции и выполнить самостоятельную работу, предусмотренную рабочим планом. Для этого используются: конспект лекций, соответствующие разделы печатных и электронных учебников, ответы на вопросы для самоконтроля знаний. После практического занятия самостоятельно решить рекомендованные задачи и расчетно-графические работы.

Решение любой задачи включает в себя четыре принципиально важных этапа:

- изучение (анализ) содержания задачи, краткая запись условий и требований;
- поиск способа (принципа) решения и составление плана решения;
- осуществление решения, проверка правильности и его оформление;
- обсуждение (анализ) проведенного решения, отбор информации, полезной для дальнейшей работы.

Решить учебную задачу по теоретической механике – значит найти последовательность общих положений механики (законов, формул, определений, правил), использование которых позволяет получить то, что требуется в задаче, - ее ответ.

При решении задач следует:

- определить к какому разделу теоретической механики относится рассматриваемая задача;
- усвоить теоретический материал на изучаемую тему;
- выписать предложенные на лекциях, рекомендованных учебниках и учебных пособиях алгоритмы решения задач на данную тему;
- разобрать задачи, рассмотренные на практических занятиях и имеющиеся в учебниках и пособиях примеры решения задач;
- записать краткое условие задачи;
- определиться с методом решения задачи;
- выписать математическое выражение выбранного метода;
- сделать четкий рисунок в выбранном масштабе, соответствующий условию задачи и методу решения;
- запись уравнений и их решение приводить в буквенном виде, численные значения подставлять в конечные выражения;
- привести таблицу ответов, полученных величин.

В задачниках по теоретической механике ([1] доп.) приводятся задачи двух видов: на усвоение учебного материала (стандартные задачи) и активное использование изученного материала. Основная учебная функция упражнений по решению стандартных задач - перевод знаний, усвоенных на уровне воспроизведения, на уровень знаний – умений. Для таких задач имеются способы решения, одни из которых описаны в самих

задачниках, другие анализируются на практических занятиях. Решение задач на активное использование изученного материала – нестандартных или проблемных, поисковых, творческих, олимпиадных задач это исследовательская работа студента первокурсника.

### **Практическое занятие 1**

*Тема: Система сходящихся сил, плоская и пространственная системы сил.*

**Условия и уравнения равновесия различных систем сил.**

**Цель занятия:**

- уметь определять проекции силы на две (для плоской системы сил) и три для пространственной системы сил) взаимно перпендикулярные оси;
- знать геометрический и аналитический способы определения равнодействующей системы сходящихся сил, условия равновесия плоской и пространственной системы сходящихся сил;
- знать алгоритм и уметь решать задачи на равновесие системы сходящихся сил в геометрической и аналитической форме;
- научиться рассчитывать алгебраические моменты сил и пар сил относительно точки и оси;
- научиться составлять уравнения равновесия тел и сочлененных конструкций, находящихся под действием плоской или пространственной систем сил;
- решение задач на равновесие твердого тела или системы тел, к которым приложена плоская или пространственная система сил.

**Вопросы для подготовки:**

1. Две основные задачи статики.
2. Аксиомы статики.
3. Виды связей и направление их реакций.
4. Условия и уравнения равновесия плоской и пространственной системы сходящихся сил.
5. Основные правила проекций силы на координатную ось.
6. Построение силового многоугольника.
7. Теорема о трех силах.
8. Момент силы относительно точки.
9. Основные свойства пар сил.
10. Теорема Вариньона для плоской системы сил.
11. Теорема Пуансо о приведении силы к точке, приведение произвольной плоской системы сил к точке.
12. Условия и уравнения равновесия плоской системы сил.
13. Понятие о силах внешних и внутренних.
14. Равновесие систем тел.
15. Определение момента силы относительно оси.
16. Момент силы относительно начала координат.
17. Главный вектор и главный момент произвольной пространственной системы сил и их аналитическое определение.
18. Основная теорема статики для пространственной системы сил.
19. Условия и уравнения равновесия пространственной системы сил.
20. Условия равновесия частных систем сил.
21. Теорема о моменте равнодействующей пространственной системы сил (теорема Вариньона).

**Методические рекомендации к решению задач.**

При решении задач статики обычно производят различные действия над скалярными или векторными величинами. При сложении и вычитании векторов окончательный результат зависит от модуля вектора и его направления. Результат сложения векторов называется геометрической суммой. Соответственно результат

вычитания двух векторов называется геометрической разностью. Сложение двух векторов (сложение двух сходящихся сил) производится либо по правилу параллелограмма, либо по правилу треугольника. Для графического решения задачи для построения параллелограмма или треугольника необходимо выбрать масштабный коэффициент. Сложение большого числа векторов производится по правилу силового многоугольника.

Второй способ – это метод проекций равнодействующей на координатные оси.

**Задачи на определение равнодействующей** системы сходящихся сил решаются в следующей последовательности:

1. Выбираются оси координат.
2. Определяются проекции всех заданных векторов на эти оси.
3. По известным проекциям на две координатные оси определяют модуль вектора.
4. Направление вектора определяется по направляющим косинусам

**Задачи на равновесие системы сходящихся сил** решаются в следующей последовательности:

1. Выбираем объект равновесия – точку, (тело или систему твердых тел) равновесие которой в данной задаче рассматривается. Изображаем их на чертеже.

2. Прикладываем к объекту равновесия все активные как заданные силы, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим координатные оси.

4. Выявляем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем их на чертеже.

5. Записываем уравнения равновесия на координатные оси.

6. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

7. В задачах статики часто приходится определять усилия в стержнях. Необходимо установить, как действуют растягивающиеся и сжимающиеся силы в стержнях на точки крепления стержней или узлы. В растянутом стержне реакции направлены от узлов внутрь стержня, в сжатом стержне к узлам наружу стержня.

**Задачи на равновесие плоской системы сил** можно условно разбить на четыре основных типа:

1. Задачи на равновесие плоской системы параллельных сил.

2. Задачи на равновесие плоской системы сил, расположенных произвольно.

3. Задачи на равновесие составных конструкций.

4. Задачи на равновесие тела, которое может опрокидываться.

Задачи первых трех типов (**задачи на равновесие**) рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Выбираем объект равновесия – тело (или систему твердых тел) равновесие которого в данной задаче рассматривается. Строим чертеж.

2. Изображаем на чертеже все активные силы – как заданные, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим декартову систему координат.

4. Выявляем и классифицируем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем реакции на чертеже.

5. Устанавливаем, какая система сил действует на объект равновесия, выясняем число неизвестных величин и убеждаемся в том, что система статически определимая.

6. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной силой. Значения и точки приложения равнодействующей распределенных нагрузок необходимо определять отдельно для каждого участка с указанным для него характером изменения интенсивности нагрузки.

7. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.

8. Если для решения задачи предлагается составная конструкция, то разбиваем ее части и вычерчиваем схемы для каждой части конструкции. При этом в месте сочленения тел возникают две силы, одна из которых приложена к одной части конструкции, а другая ко второй. Эти силы равны по модулю, направлены вдоль одной прямой в противоположные стороны (в соответствии с третьим законом Ньютона).

9. Записываем уравнения равновесия в проекциях на координатные оси.

10. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

**Задачи на опрокидывание** решаются в предположении, что твердое тело начинает отрываться от одной из опор. Поэтому реакцию этой опоры учитывать не следует. Тогда при равновесии тела реакция оставшейся опоры должна уравновешиваться равнодействующей заданных сил. Это означает, что линия действия равнодействующей заданных сил проходит через оставшуюся опору и, следовательно, момент равнодействующей силы относительно точки опоры равен нулю.

1. Выделяем твердое тело (конструкцию), возможность опрокидывания которого проверяется.

2. Изображаем на чертеже все заданные силы, действующие на тело.

3. Определяем опору, относительно которой может произойти опрокидывание тела.

4. Составляем уравнение моментов заданных сил относительно этой опоры.

5. Решив уравнение, определяем искомую величину (предельную силу или предельный размер).

**Задачи на исследование пространственной системы сил** можно условно разбить на четыре основных типа:

1. Задачи на равновесие пространственной системы параллельных сил и сил, расположенных произвольно с целью определения реакций опор.

2. Задачи на равновесие составных конструкций.

3. Задачи на равновесие тела, которое может опрокидываться.

4. Задачи на приведение пространственной системы сил к простейшему виду.

**Задачи на равновесие** рекомендуется решать в следующем порядке:

1. Выбираем объект равновесия – тело (или систему твердых тел) равновесие которого в данной задаче рассматривается. Строим чертеж.

2. Изображаем на чертеже все активные силы - как заданные, так и те, которые требуется определить.

3. Вводим декартову систему координат.

4. Выявляем и классифицируем наложенные на объект связи. В соответствии с принципом освобожденности от связей отбрасываем связи, заменяем их реакциями и изображаем реакции на чертеже.

5. Устанавливаем, какая система сил действует на объект равновесия, выясняем число неизвестных величин и убеждаемся в том, что система статически определимая.

6. Заменяем распределенную нагрузку сосредоточенной силой. Значения и точки приложения равнодействующей распределенных нагрузок необходимо определять отдельно для каждого участка с указанным для него характером изменения интенсивности нагрузки.

7. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.

8. Если для решения задачи предлагается составная конструкция, то разбиваем ее части и вычерчиваем схемы для каждой части конструкции. При этом в месте сочленения тел возникают две силы, одна из которых приложена к одной части конструкции, а другая ко второй. Эти силы равны по модулю, направлены вдоль одной прямой, но в противоположные стороны (третий закон Ньютона).

9. Записываем уравнения равновесия на координатные оси.

10. После решения уравнений равновесия проводим анализ полученных результатов и делаем проверку.

**В задачах на опрокидывание** без нахождения опорных реакций определяют модули или расположение активных сил (одной силы, вращающего момента), обеспечивающих равновесие тела, в частности отсутствие его опрокидывания.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач по теме: [6]

- система сходящихся сил №№ 2.6; 2.10; 2.16; 2.29; 6.3; 6.5; 6.10;

- плоская система сил №№ 3.16; 3.18; 3.37; 4.15; 4.26; 4.28; 4.29; 4.32; 4.33; 4.34; 4.35; 4.43; 4.58; 4.59;

- пространственная система сил №№ 8.16; 8.17; 8.19; 8.21; 8.22; 8.23; 8.26; 8.27; 8.28; 8.29; 8.34; 8.36; 8.37.

### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графических работ: [5]

№ 1 (С 1.1.) на тему «Определение равнодействующей системы сходящихся сил аналитическим и графическим способами»;

№ 2 (С 1.2.) на тему «Система сходящихся сил. Определение усилий в стержнях».

№ 3 (С-2) на тему «Определение реакций опор твердого тела»;

№ 4 (С-3) на тему «Определение реакций опор составной конструкции».

№ 5 (С-7) на тему «Определение реакций опор твердого тела».

## **Практическое занятие 2**

**Тема: Приведение плоской и пространственной системы сил к простейшему виду.**

### **Цель занятия:**

Иметь представление о главном векторе, главном моменте, равнодействующей плоской и пространственной системы произвольно расположенных сил;

- научиться приводить систему сил к простейшему виду и анализировать результаты;

- решение задач на приведение плоской и пространственной системы сил к простейшему виду.

### **Вопросы для подготовки:**

1. Статические инварианты.

2. Понятие о динамическом винте.

3. Приведение пространственной системы сил к динамическому винту.

4. Нахождение положения центральной оси динами.

5. Минимальный главный момент.

6. Приведение системы сил к равнодействующей.

7. Приведение системы сил к паре сил.

8. Отыскание условий, которым должны отвечать силы системы для ее приведения к заранее заданному простейшему виду.

### **Методические рекомендации к решению задач.**

1. Задачи на приведение пространственной системы сил к простейшему виду следует решать в следующем порядке:

2. Выбрать систему координат, (если она не дана в условиях задачи) и принять ее начало за центр приведения. Заменяем наклонные силы в соответствии с теоремой Вариньона их проекциями на координатные оси.

3. Найти в общем виде проекции главного вектора на оси координат, а также его модуль и направление. В задачах с известными числовыми значениями исходных данных вычислить перечисленные величины и изобразить главный вектор на рисунке.

4. Получить выражения для модуля и направления главного момента системы сил или только его проекций. В задачах с известными числовыми значениями исходных данных вычислить перечисленные величины и изобразить главный момент на рисунке.

5. Определить минимальный главный момент и сделать вывод, к какому простейшему виду приводится данная система сил – к равнодействующей, к паре сил или к динамическому винту.

5. Если система приводится к равнодействующей, то найти ее линию действия. С этой целью или произвести непосредственное приведение силы, равной главному вектору и приложенной в выбранном центре, и пары, имеющей момент образованный силами равными по модулю главному вектору, к одной силе.

7. В случае приведения системы сил к динамическому винту найти уравнение центральной оси и, если требуется в условиях задачи, определить углы, составляемые этой осью с осями координат, и точки ее встречи с координатными плоскостями. При нахождении углов, образованных центральной осью с координатными осями, следует учитывать, что они находятся непосредственно по направляющим косинусам главного вектора.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач по теме: [6] №№7.3; 7.4; 7.5; 7.6; 7.7; 7.8; 7.9; 7.10.

### **Практическое занятие 3**

**Тема: Расчет стержневых систем. Методы расчета ферм.**

#### **Цель занятия:**

Решение задач на определение усилий в стержнях плоской фермы: методом вырезания узлов, методом сечений Риттера, методом построения силовых многоугольников

#### **Вопросы для подготовки:**

1. Какая конструкция называется фермой?
2. В чем заключается сущность способа вырезания узлов?
3. Как формулируются леммы о нулевых стержнях?
4. В чем заключается сущность метода Риттера?
5. На основании каких соображений без вычислений можно определить стержни плоских ферм, в которых при заданной нагрузке усилия равны нулю?

Для определения усилий в стержнях ферм применяются графические и аналитические методы. Графические методы – это метод построения силовых многоугольников. Аналитические методы: метод вырезания узлов и метод сечений Риттера.

#### **Методические рекомендации к решению задач**

##### **Порядок решения задач при использовании метода вырезания узлов:**

1. Выяснить какие нагрузки действуют на ферму, как они направлены и где приложены, а затем определить реакции связей используя уравнения равновесия. Правильность этой части решения необходимо обязательно проверить.

2. Затем следует определить усилия в стержнях фермы, начиная с того узла, на который действуют не более двух неизвестных сил, так как в каждом случае на узел действует система сходящихся сил и, следовательно, для одного узла можно составить лишь два уравнения равновесия.

3. Вырезав узел, необходимо заменить действие на узел отброшенной части фермы усилиями, действующими вдоль стержней, считая при этом, что все стержни растянуты, т.е. усилия стержней направляет от узла, а затем записать уравнения равновесия.

4. Путем перехода от узла к узлу определяют усилия во всех стержнях, один из узлов при этом остается нерассмотренным; составив уравнения равновесия для этого узла, можно проверить правильность решения задачи.

##### **Порядок решения задач при использовании метода Риттера:**

1. Прежде всего, также как в методе вырезания узлов, определяем реакции опор.
2. Мысленно разрезаем ферму на две части таким образом, чтобы разрез проходил не более чем через три стержня, усилия в которых неизвестны. Отбросив одну из частей фермы, заменяем действие отброшенной части на оставшуюся часть усилиями, направленными вдоль стержней, предполагая при этом, что все разрезанные стержни растянуты.
3. Определяем нахождение точки Риттера. Записываем уравнение моментов относительно точки Риттера. В том случае, когда перерезаются параллельные стержни, записываем уравнение проекций на ту ось, на которую параллельные стержни проектируются в ноль.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач по теме: [6] №№ 4.20; 4.45; 4.46; 4.60; 4.66; 4.67; 4.68; 4.70; 4.71.

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы № 5 С-4 на тему «Определение реакций опор и сил в стержнях плоской фермы» [5]

#### **Практическое занятие 4**

*Тема: Кинематика точки*

##### **Цель занятия:**

- иметь представление о пространстве, времени, траектории, пути, скорости и ускорении;
- знать способы задания движения точки;
- уметь составлять уравнения движения точки и уравнение траектории;
- знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, формулы для определения скоростей и ускорений, радиуса кривизны траектории.

##### **Вопросы для подготовки:**

1. Кинематические способы задания движения точки. Определение траектории точки.
2. Переход от уравнений движения в декартовых координатах к естественному способу задания движения точки.
3. Определение скорости и ускорения точки при задании ее движения в декартовой системе координат.
4. Определение скорости и ускорения точки при естественном способе задания ее движения.
5. Определение радиуса кривизны траектории по известному закону движения точки.
6. Комплексное определение различных кинематических параметров движения точки, заданного координатным способом.

##### **Методические рекомендации к решению задач по теме кинематика точки.**

Задачи по кинематике точки отличаются большим разнообразием. Они могут включать в себя в комплексе или в виде отдельных вопросов следующие темы:

- 1) составление уравнений движения точки;
- 2) определение по заданным уравнениям движения точки ее траектории, положения точки, скорости, ускорения и радиуса кривизны траектории;
- 3) переход от уравнений движения точки в декартовых координатах к полярным или естественному способу задания движения;
- 4) определение по некоторым заданным кинематическим параметрам движения точки других его параметров (например, пройденного пути по заданному времени или, наоборот, времени движения по известному положению точки, уравнения движения по заданному ускорению и т.п.)

Расчетно-графическая работа по кинематике точки соответствует второму типу задач.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач: [6] №№10.2(1-5); 10.4(1-4); 10.7; 10.12; 11.2; 11.3; 11.12; 12.9; 12.14; 12.16; 12.17; 12.21; 12.22; 12.23; 12.25; 12.27; 12.29.

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы К-1 на тему «Определение абсолютной скорости и ускорения точки по заданным уравнениям ее движения». [5]

#### **Практическое занятие 5**

*Тема: Плоскопараллельное движение.*

##### **Цель занятия:**

- знать разложение плоскопараллельного движения на поступательное и вращательное;
- знать способы определения мгновенного центра скоростей;
- знать определение угловой скорости тела и линейной скорости точек через МЦС;
- знать определение ускорений через полюс.

##### **Вопросы для подготовки:**

1. Задание положения и движения плоской фигуры, движущейся в своей плоскости. Уравнения движения.

2. Разложение плоскопараллельного движения на составляющие.

3. Кинематические характеристики плоского движения:

3.1. Скорость точки

3.1.1. Теорема о проекциях скоростей двух точек на ось, проходящую через эти точки;

3.1.2. Мгновенный центр скоростей: определение, способы нахождения; нахождение скоростей точек плоской фигуры с помощью мгновенного центра скоростей.

3.2. Ускорение точки

3.2.1. Вычисление ускорения через полюс.

3.2.2 Мгновенный центр ускорений: определение, способы нахождения; нахождение ускорений через мгновенный центр ускорений.

#### **Методические рекомендации к решению задач по теме плоское движение твердого тела.**

Задачи на определение различных кинематических параметров при плоском движении рекомендуется решать в следующем порядке:

1) анализируется движение всех звеньев механизма, и определяются те из них, которые совершают плоское движение;

2) находится положение мгновенного центра скоростей (МЦС) на пересечении перпендикуляра к скоростям двух известных точек;

3) определяется угловая скорость плоской фигуры (звена, совершающего плоское движение);

4) определение скоростей всех точек плоской фигуры как произведение угловой скорости на расстояние от точки до МЦС;

5) определяется ускорение всех точек, для этого записывается векторное равенство исходя из того, что ускорение любой точки можно определить как ускорение полюса (за полюс принимается точка, ускорение которой известно) плюс ускорение точки при вращательном движении относительно полюса;

6) записываются проекции этого векторного равенства на две взаимно перпендикулярные оси координат;

7) определяется угловое ускорение плоской фигуры.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач: [6] №№ 15.3; 16.31; 16.34; 16.35; 18.9; 18.13; 18.23; 18.26; 18.37

### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы К3 на тему «Определение скоростей и ускорений твердого тела при плоском движении». Выдача расчетно-графической работы К4 на тему «Определение скоростей твердого тела при плоском движении». [5]

### **Практическое занятие 6**

*Тема: Сложное движение точки.*

#### **Цель занятия:**

- выработать практические навыки решения задач на сложное движение точки;  
- иметь представление о системах координат, об относительном, переносном и абсолютном движении.

#### **Вопросы для подготовки:**

- сложное (абсолютное) движение точки и его составляющие: переносное и относительные движения;  
- абсолютная, переносная и относительная скорости точки;  
- теорема о сложении скоростей;  
- абсолютное, переносное и относительное ускорения точки;  
- теорема о сложении ускорений;  
- ускорение Кориолиса и условия, при которых оно возникает;  
- случаи, при которых ускорение Кориолиса равно нулю.

#### **Методические рекомендации к решению задач по теме сложное движение точки.**

- 1) объяснить, почему движение точки можно рассматривать как сложное;
- 2) определить характер относительного и переносного движения;
- 3) определить положение точки в относительном движении;
- 4) определить скорость и ускорение (или его составляющие, если движение криволинейное) в относительном движении, их направления показать на чертеже;
- 5) определить характеристики переносного движения;
- 6) определить радиус кривизны в переносном движении;
- 7) определить скорость и ускорение точки исходя из характера переносного движения, их направления показать на чертеже;
- 8) определить кориолисово ускорение;
- 9) записать векторные равенства для абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки, применив теорему о сложении скоростей и ускорений при сложном движении точки;
- 10) спроектировать векторные равенства на выбранные оси координат и найти проекции скорости и ускорения на эти оси;
- 11) определить модуль абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач: [6] №№ 22.5; 22.14; 22.15; 22.17; 23.7; 23.12; 23.18; 23.27; 23.47; 23.49.

### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы К 7 на тему «Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае вращательного переносного движения». Выдача расчетно-графической работы К 9 на тему «Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в случае поступательного переносного движения» [5].

### **Практическое занятие 7**

*Тема: Первая и вторая задачи динамики материальной точки.*  
**Дифференциальные уравнения движения материальной точки**

#### **Цель занятия:**

- иметь представление о массе тела и ускорении свободного падения, о связи между силовыми и кинематическими параметрами движения, о двух основных задачах динамики;

- отработка практических навыков составления и интегрирования дифференциальных уравнений движения материальной точки.

**Вопросы для подготовки:**

1. Основные понятия динамики.
2. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.
3. Основные законы динамики точки.
4. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
5. Две основные задачи динамики и алгоритм их решения.
6. Начальные условия и их использование для определения постоянных интегрирования.

**Методические рекомендации к решению задач по теме динамика материальной точки.**

Задачи динамики делятся на две большие группы.

1) задачи, в которых по заданному закону движения точки находятся действующие на нее силы (первая задача динамики);

2) задачи, в которых по заданным силам, действующим на точку, определяется закон ее движения (вторая задача динамики).

**Первая задача динамики.**

1) используя заданные уравнения движения, найти путем двойного дифференцирования проекции ускорения на координатные оси;

2) записать дифференциальные уравнения движения точки в скалярном виде и определить из них проекции на координатные оси равнодействующей всех сил, приложенных к точке, как функции времени;

3) определить модуль равнодействующей и ее направляющие косинусы.

**Вторая задача динамики.**

1) выбрать и изобразить на чертеже систему координат;

2) изобразить на рисунке точку в текущем положении и действующие на точку силы;

3) написать дифференциальные уравнения движения точки в векторном виде;

4) спроектировать эти векторные равенства на координатные оси;

5) в зависимости от условий задачи найти первые и вторые интегралы дифференциальных уравнений;

6) определить начальные условия движения точки;

7) определить постоянные интегрирования исходя из начальных условий;

8) определить требуемые по условиям задачи величины.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач: [6] №№ 26.1; 26.5; 26.9; 26.10; 26.11; 26.15; 26.16; 27.1; 27.2; 27.7; 27.15; 27.19; 27.30; 27.31; 27.32; 27.46;

**Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы Д 1 на тему: «Интегрирование дифференциальных уравнений движения материальной точки». [5]

**Практическое занятие 8**

**Тема: Общие теоремы динамики: теорема об изменении кинетической энергии.**

**Цель занятия:**

- отработка практических навыков решения задач динамики механической системы, в которых используются теоремы об изменении кинетической энергии системы.

**Вопросы для подготовки:**

1. Момент инерции относительно полюса, оси и плоскости.
2. Осевые и центробежные моменты инерции, их математические выражения.
3. Радиус инерции и его физический смысл.
4. Моменты инерции относительно параллельных осей.
5. Эллипсоид инерции.
6. Главные оси инерции и их свойства.
7. Частные случаи определения кинетической энергии твердого тела.
8. Работа постоянной силы на прямолинейном пути.
9. Работа силы, зависящей от координат точки.
10. Работа сил тяжести, действующих на систему.
11. Работа и мощность сил, приложенных к вращающемуся телу.
12. Работа и мощность сил, приложенных к телу при плоском движении.
13. Понятие о мощности и формулы для ее определения.
14. Теорема об изменении кинетической энергии изменяемых и неизменяемых систем.
15. Потенциальное силовое поле. Работа сил потенциального поля.
16. Понятие о потенциальной энергии.
17. Закон сохранения механической энергии.

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Теорема об изменении кинетической энергии».**

Для определения кинетической энергии системы необходимо:

- 1) установить характер движения всех тел системы;
- 2) получить выражения для кинетической энергии каждого из тел в соответствии с совершаемым им движением (поступательное, вращательное или плоское);
- 3) выразить все линейные и угловые скорости тел через скорость того тела, движение которому задаем;
- 4) определить кинетическую энергию механической системы, просуммировав кинетические энергии отдельных тел;
- 5) изобразить на чертеже все внешние силы;
- 6) найти перемещения точек приложения тех сил, которые совершают работу при движении системы;
- 7) найти углы поворота тел, к которым приложены моменты;
- 8) выразить все линейные и угловые перемещения тел через перемещение того тела, движение которому задаем;
- 9) составить выражения для работ, совершаемых внешними силами, и найти их сумму;
- 10) записать теорему об изменении кинетической энергии и определить искомую величину.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач: [6] №№ 38.2; 38.4; 38.12; 38.15; 38.20; 38.24; 38.27; 38.30; 38.39; 38.45; 38.51; 37.4; 37.12; 37.43; 37.52; 47.3; 47.7; 47.9; 47.11; 47.12.

**Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы Д10 на тему «Применение теоремы об изменении кинетической энергии к изучению движения механической системы». [5]

**Практическое занятие 9**

**Тема:** Принцип Даламбера, принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики.

**Цель занятия:**

- отработка практических навыков решения задач на равновесие материальной системы при помощи принципа Даламбера;

- отработка практических навыков решения задач на равновесие несвободной материальной системы при помощи принципа возможных перемещений;
- отработка практических навыков решения задач на общее уравнение динамики материальных систем.

**Вопросы для подготовки:**

1. Классификация аналитических связей .
2. Виртуальное перемещение материальной точки.
3. Дифференциал и вариация функции.
4. Условие идеальности связей.
5. Виртуальное перемещение системы материальных точек.
6. Принцип возможных перемещений.
7. Силы инерции и моменты сил инерции, частные случаи приведения сил инерции.

Метод кинетостатики.

8. Принцип Даламбера для точки
9. Принцип Даламбера для механической системы.
10. Определение работы, совершаемой силами инерции, при различных видах движения твердого тела.
11. Принципы механики, используемые при выводе общего уравнения механики:
  - принцип Даламбера – Лагранжа;
  - общее уравнение динамики.

**Методические рекомендации к решению задач**

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Принцип возможных перемещений».**

- 1) изобразить схематически материальную систему, равновесие которой рассматривается, и все активные силы, включая силу трения, показать на чертеже;
- 2) согласно принципу освобожденности от связей, отбросить связи и заменить их реакциями связей;
- 3) выбрать обобщенную координату, сообщить системе виртуальное перемещение, написать выражение для виртуальной работы (или обобщенной силы) и, приравняв ее нулю, определить искомые величины.

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Принцип Даламбера».**

- 1) выделить точку, движение которой рассматривается;
- 2) выявить все активные силы изобразить их приложенными к точке на чертеже;
- 3) освободить точку от связей и заменить их реакциями связей;
- 4) добавить к полученной системе сил силу инерции;
- 5) записать уравнения равновесия полученной системы сил и определить искомые величины.

**Методические рекомендации к решению задач по теме «Общее уравнение динамики»**

- 1) изобразить на чертеже все активные силы и силы трения, если они действуют;
- 2) к активным силам добавить силы инерции и моменты сил инерции, направив их противоположно линейным или угловым ускорениям;
- 3) сообщить системе столько независимых между собой возможных перемещений, сколько степеней свободы имеет система;
- 4) выразить все линейные и угловые ускорения через ускорение того тела, движение которому мы задаем;
- 5) выразить все линейные и угловые возможные перемещения через возможные перемещения того тела, движение которому мы задаем;
- 6) записать общее уравнение динамики и определить искомые величины.

**Практические занятия и самостоятельная работа** включает в себя решение задач: [6]

- по теме «Принцип возможных перемещений» №№ 41.3; 41.10; 41.17; 42.8; 46.1; 46.3; 46.8; 46.9; 46.10; 46.18; 46.19; 46.21; 46.22; 46.24; 46.25; 46.27;
- по теме «Принцип Даламбера» №№ 41.3; 41.10; 41.16; 41.17; 42.8; 46.10; 46.21; 46.22; 46.27; 47.1; 47.9; 47.11; 47.15;
- по теме «Общее уравнение динамики»: №№ 47.1; 47.3; 47.4; 47.5; 47.6; 47.9; 47.11; 47.12; 47.15 47.21; 47.24.

#### **Расчетно-графическая работа**

Выдача расчетно-графической работы Д19 на тему «Применение общего уравнения динамики к механической системе с одной степенью свободы». [5]

#### **2.3.3 Методические рекомендации по изучению дисциплины (внеаудиторная работа)**

**Самостоятельная работа** – проявляется в узнавании, осмыслении, запоминании, подведении известного метода решения под новую задачу.

К самостоятельной работе помимо подготовки к лекционным и практическим занятиям относится выполнение расчетно-графических работ. Требования к выполнению и защите расчетно-графических работ изложены в п. 6 рабочей программы дисциплины.

**Подготовка рефератов.** Подготовке реферата предшествует самостоятельный поиск литературных сведений по заданной теме. Так как дисциплину «Теоретическая механика» изучается в основном студентами первого курса, реферат рассматривается как начальная форма участия студента в научно-исследовательской работе.

**Выполнение заданий исследовательского характера.** Этот вид деятельности развивает у студентов навыки самостоятельного мышления при решении нестандартных задач. Это важная форма дифференциации и индивидуализации учебно-познавательной деятельности студентов, позволяющая им проявить свои индивидуальные особенности и интересы.

#### **2.3.4 Методические рекомендации по изучению дисциплины (подготовка к экзамену)**

1. При подготовке к экзамену важно понимать изучаемый материал, а не запоминать его механически. Механическая память относится к разряду кратковременных: если вы чего – то не поняли, этот материал быстро забудется. Дисциплина «Теоретическая механика» - это **ТЕОРИЯ**, без которой невозможно освоить курс и научиться решать задачи.

2. **Не читайте подряд весь конспект** (учебник). Повторяйте по вопросам. Прочитав вопрос, вспомните и проговорите все, что вы знаете по этому вопросу. Особое внимание обратите не формулировки и формулы. Проверьте умение решать задачи по этому вопросу. Только после этого переходите к следующему вопросу.

3. В конце каждого дня подготовки к экзамену проверьте, как вы усвоили материал, кратко запишите планы ответов на проработанные вопросы.

4. Обязательно разбирайте задачи, научитесь выполнять практическое задание на каждую тему.

5. При изучении курса теоретической механики студенту вначале следует ответить на вопрос: на каком уровне он желает изучать механику? Возможны следующие уровни усвоения материала:

- **уровень узнавания материала.** На этом уровне экзамен сдать практически невозможно;

- **уровень понимания написанного.** Этот уровень означает изучение и знание терминологии дисциплины, и знание основных формул. На этом уровне экзамен можно сдать только с оценкой «удовлетворительно»;

- **уровень воспроизведения материала.** Изучая дисциплину на этом уровне важно не только знать формулы и проводить соответствующие выкладки, но и раскрывать их смысл на языке теоретической механики. На этом уровне экзамен можно сдать на хорошо и отлично.

## 2.4 Контроль знаний

Для контроля знаний используются следующие средства:

- **предварительный контроль** – состоит в установлении исходного уровня подготовки и познавательной деятельности студента;

- **текущий контроль** – важнейшая функция обратной связи между студентом и преподавателем. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования студентов, по результатам выполнения самостоятельной работы. В течении семестра выполняются контрольные задания (расчетно-графические работы, контрольные работы, тестирование по темам). Результаты выполнения этих заданий являются обязательными для всех студентов и являются основанием для выставления оценок текущего контроля. Студенты, не выполнившие в полном объеме все задания текущего контроля, не допускаются кафедрой к сдаче экзамена, как не выполнившие график учебного процесса по дисциплине. Для студентов первого курса используется балльно-рейтинговая система обучения. Описание балльно-рейтинговой системы приводится в рабочей программе дисциплины (пункт 12);

- **итоговый контроль** – используется для оценки результатов обучения, достигнутых в конце работы над дисциплиной, он проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, выполнившие учебный план изучения дисциплины. В экзаменационном билете три теоретических вопроса (по одному по каждому разделу дисциплины) и задача. Оценка «удовлетворительно» ставится, если по билету студент решил задачу и ответил на вопросы без выводов и доказательств формул (уровень знания формул и определений). Оценка «хорошо» ставится, если студент решил задачу, ответил на вопросы билета с выводом формул и доказательством теорем (в доказательствах имеются пробелы и неточности) и ответил на дополнительные вопросы. Оценка «отлично» ставится, если студент решил задачу, ответил на вопросы билета с выводом формул и доказательством теорем и ответил на дополнительные вопросы.

Оценка студентов осуществляется с учетом:

- оценки по итогам промежуточного контроля;
- оценки за работу в семестре (рейтинг);
- оценки итоговых знаний в ходе экзамена.

Вопросы к экзамену приведены в рабочей программе дисциплины (пункт 9.5).

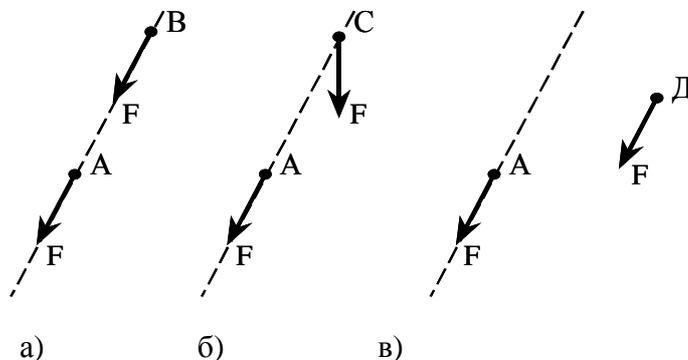
## 2.4.1 Тестовый контроль (примеры)

### 1. Тема «Основные понятия статики»

<p>1. Выберите наиболее полное и правильное определение материальной точки:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) материальная точка – это тело бесконечно малой массы;</li><li>б) материальная точка – это тело конечной массы;</li><li>в) материальная точка – это тело конечной массы, размерами которого можно пренебречь;</li><li>г) материальная точка – это деформируемое тело конечной массы, размерами которого можно пренебречь.</li></ul>
<p>1. Какое предложение неверно?</p> <p>В статике решается задача:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) замена одной системы сил, действующей на твердое тело, другой эквивалентной ей системой;</li><li>б) определение необходимых и достаточных условий равновесия механической системы, находящейся под действием сил по отношению к определенной системе координат.</li><li>в) определение кинематических характеристик (скоростей и ускорений) различных точек материального тела.</li></ul>
<p>3. Выберите правильное продолжение: Уравновешивающей называется...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) сила, эквивалентная некоторой системе сил.</li><li>б) сила, равная по модулю равнодействующей и направлена по линии её действия в противоположную сторону</li></ul>
<p>4. Равномерно распределенную нагрузку интенсивности <math>q</math>, приложенную к балке на участке АВ, можно заменить:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) сосредоточенной силой <math>q \cdot AB</math>, приложенной к опорам;</li><li>б) сосредоточенной силой <math>q \cdot AB</math>, приложенной в любом месте;</li><li>в) сосредоточенной силой <math>q \cdot AB</math>, приложенной в середине участка АВ;</li><li>г) только другой распределенной нагрузкой.</li></ul>
<p>5. ДЕЙСТВИЕ СИЛЫ НА ТЕЛО ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>А) ЧИСЛЕННОЙ ВЕЛИЧИНОЙ (МОДУЛЕМ).</li><li>Б) НАПРАВЛЕНИЕМ СИЛЫ.</li><li>В) ТОЧКОЙ ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ.</li><li>Г) ЧИСЛЕННОЙ ВЕЛИЧИНОЙ И НАПРАВЛЕНИЕМ СИЛЫ.</li><li>Д) МОДУЛЕМ, НАПРАВЛЕНИЕМ СИЛЫ И ТОЧКОЙ ПРИЛОЖЕНИЯ СИЛЫ.</li></ul>
<p>6. Если данная система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется ...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>А) УРАВНОВЕШИВАЮЩЕЙ.</li><li>Б) РАВНОДЕЙСТВУЮЩЕЙ.</li></ul>
<p>7. СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ВСЕ ТОЧКИ ДАННОГО ОБЪЕМА ИЛИ ДАННОЙ ЧАСТИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА, НАЗЫВАЮТСЯ ... А) СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ СИЛАМИ. Б) РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ.</p>

## 2. Тема «АКСИОМЫ СТАТИКИ»

1. В каком из случаев, указанных на рисунках а), б) и в), перенос силы из точки  $A$  в точки  $B$ ,  $C$  или  $D$  не изменит механического состояния твердого тела?



2. На рис. б) (см. пункт 1) изображены две силы, линии действия которых, лежат в одной плоскости. Можно ли найти их равнодействующую по правилу параллелограмма?

- а) Можно;
- б) Нельзя.

3. Почему силы действия и противодействия не могут взаимно уравновешиваться?

- а) Эти силы не равны по модулю;
- б) Они не направлены по одной прямой;
- в) Они не направлены в противоположные стороны;
- г) Они приложены к разным телам.

4. Какое утверждение неверно?

- а) действие системы сил на твердое тело не изменится, если к ней добавить или отнять уравновешенную систему сил;
- б) действие силы на твердое тело изменится, если к ней добавить или отнять уравновешенную систему сил;
- в) при рассмотрении равновесия твердого тела внутренние силы можно не учитывать, так как они образуют уравновешенную систему сил.

5. Если к абсолютно твердому телу приложить две силы, равные по модулю и направленные по одной прямой в противоположные стороны, то равновесие тела:

- а) нарушится;
- б) не нарушится.

### 3. Тема «Связи и реакции связей»

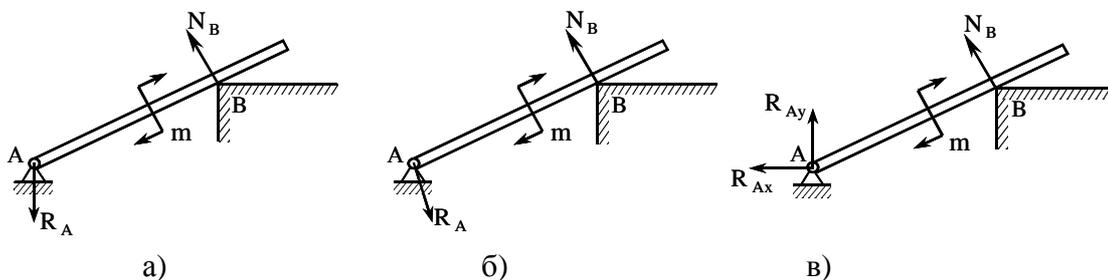
1. Что такое связь?

- А) Сила, с которой одно тело ограничивает движение другого тела;
- б) Любое тело, ограничивающее свободу передвижения данного тела;
- в) Система из нескольких тел;
- г) Система из нескольких сил.

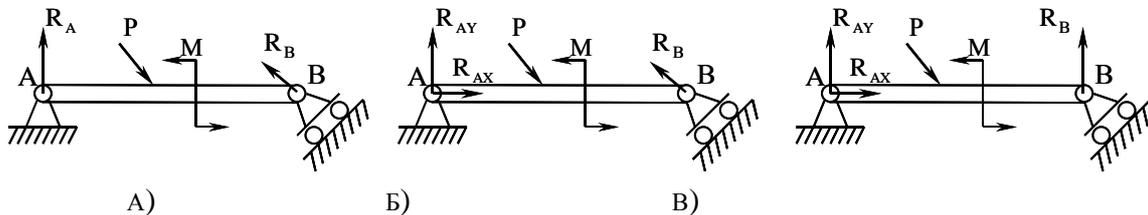
2. Укажите связи, для которых реакции всегда направлены по нормали к поверхности.

- А) Связь в виде гладкой плоскости; б) Гибкая связь;
- в) Связь в виде жесткого стержня; д) Шероховатая плоскость.
- Г) Ребро двугранного угла и гладкая плоскость;

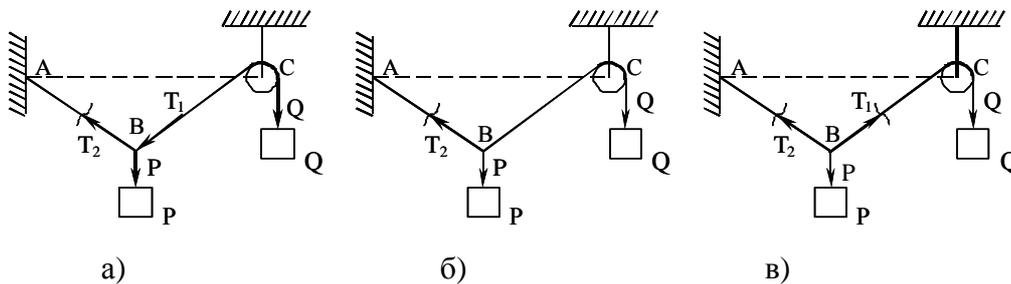
3. На каком рисунке правильно показаны направления реакций связей?



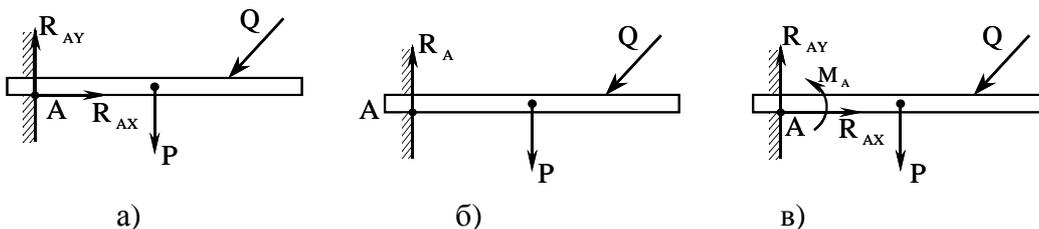
4. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?



5. На каком рисунке правильно составлена расчетная схема?



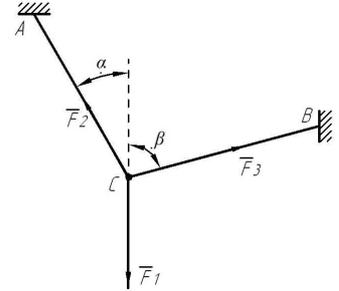
6. НА КАКОМ РИСУНКЕ ПРАВИЛЬНО СОСТАВЛЕНА РАСЧЕТНАЯ СХЕМА?



#### 4. Тема «Система сходящихся сил»

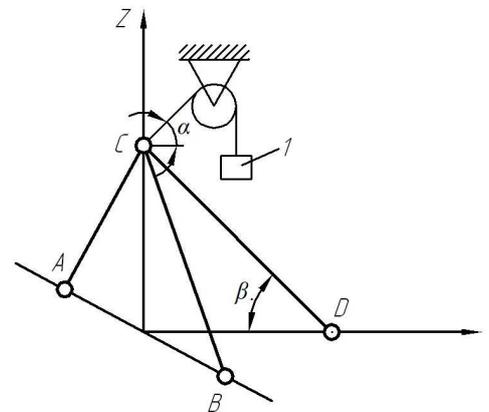
1. Определить модуль равнодействующих двух равных по модулю сходящихся сил  $F_1 = F_2 = 5H$ , образующих между собой угол  $\alpha = 45^\circ$ .

2. Определить модуль силы  $\vec{F}_3$  натяжение троса  $BC$ , если известно, что натяжение троса  $AC$  равно  $F_2 = 15H$ . В положении равновесия углы  $\alpha = 30^\circ$  и  $\beta = 75^\circ$



3. По заданным проекциям силы  $\vec{F}$  на оси координат:  $F_x = 20H, F_y = 25H, F_z = 30H$ , определить модуль этой силы.

4. Груз  $1$  весом  $60H$  удерживается в равновесии стержнями  $AC, BC$  и  $DC$ , шарнирно соединенными в точке  $C$ , и веревкой, переброшенной через блок  $E$  под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Определить усилия в стержне  $DC$ , если угол  $\beta = 45^\circ$ .



5. Определить модуль равнодействующей трех сходящихся сил, если заданы их проекции на оси координат:  $F_{1x} = 7H; F_{1y} = 10H; F_{1z} = 0H;$   
 $F_{2x} = -5H; F_{2y} = 15H; F_{2z} = 12H; F_{3x} = 6H; F_{3y} = 0H; F_{3z} = -6H;$

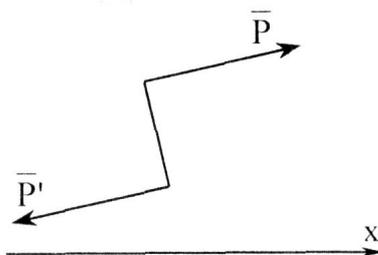
## 5. Тема «Плоская система сил»

1. Вставьте пропущенные слова:

Проекция силы на ось равна произведению силы на ..... угла между силой .....

2. Чему равна сумма проекций сил пары с моментом «m» на ось x?

- 1) 0.
- 2) m.
- 3) 2P.
- 4) P.
- 5) Нет правильного ответа.



3. Однородный брус AB длиной l и весом  $\bar{Q}$  опирается на гладкую цилиндрическую поверхность радиуса r, причем один конец его A закреплен шарнирно, а к другому концу подвешен груз весом  $\bar{P}$ . Определить опорные реакции, если  $\angle BAO=60^\circ$ . Укажите, в каком пункте решения Допущена ошибка.

1) Расчётная схема.

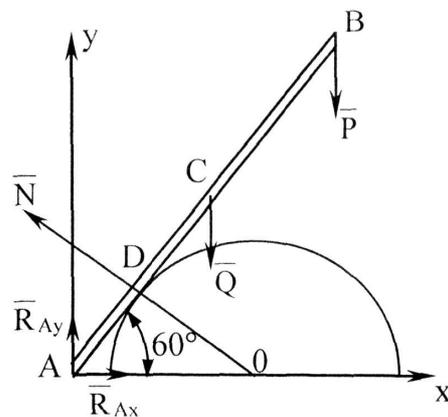
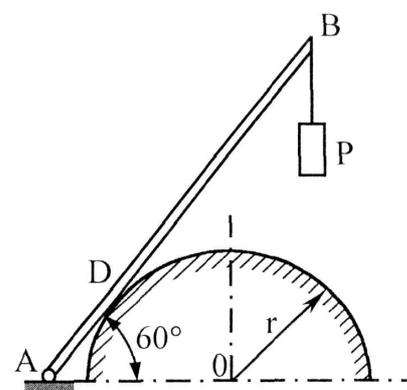
2)  $\sum F_x = 0; R_{Ax} - N \cdot \cos 30^\circ = 0$

3)  $\sum F_y = 0; R_{Ay} + N \cdot \cos 60^\circ - P - Q = 0$

4)  $\sum M_A(F_K) = 0; -P \cdot l \cdot \cos 30^\circ - Q \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos 30^\circ + N \cdot AD = 0$

5)  $N = \frac{2}{3} \cdot \frac{l}{2} \cdot (P + \frac{Q}{2}); R_{Ay} = P + Q - \frac{N}{2};$

$$R_{Ax} = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{4} \cdot \frac{l}{2} \cdot (P + \frac{Q}{2});$$



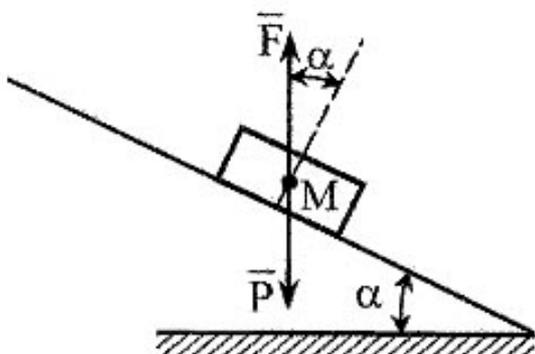
4. Вставьте пропущенные слова:

Парой сил называют две параллельные силы, равные по ..... и направленные в ..... стороны

5. Укажите размерность момента силы.

- 1) Н/м<sup>2</sup>.
- 2) Н/м.
- 3) Н·м<sup>2</sup>.
- 4) Н·м.
- 5) Нет правильного ответа.

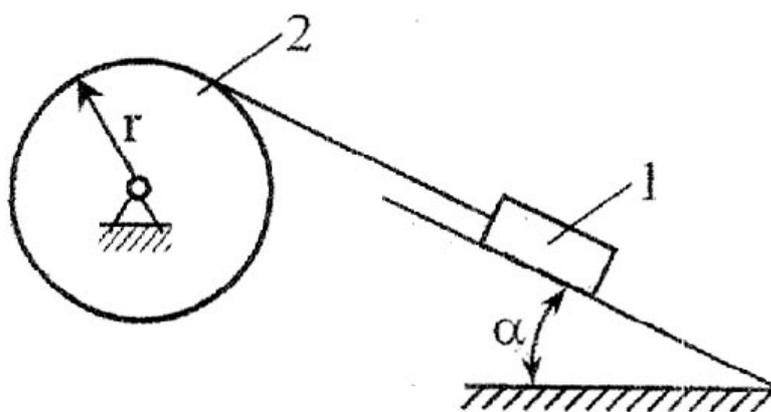
6. Тема «Динамика материальной точки»



Материальная точка  $M$  весом  $P = mg$  движется вниз по наклонной плоскости из состояния покоя. На точку действует сила  $F = 0,5mg$ . Коэффициент трения скольжения равен  $f$ .

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:		ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УСКОРЕНИЕ ТОЧКИ	1	$\ddot{x} = g(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$\ddot{x} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$\ddot{x} = g(f\cos\alpha - \sin\alpha)/4$
		4	$\ddot{x} = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
2	ЗАКОН ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ТОЧКИ	1	$\dot{x} = gt(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$\dot{x} = gt(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$\dot{x} = gt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		4	$\dot{x} = gt(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
3	ЗАКОН ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	1	$x = gt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
		2	$x = gt^2(f\cos\alpha - \sin\alpha)/4$
		3	$x = gt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		4	$x = gt^2(\sin\alpha + f\cos\alpha)/4$
4	КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ТОЧКИ В ФУНКЦИИ ОТ ВРЕМЕНИ	1	$T = Pgt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)^2/8$
		2	$T = Pgt^2(f\cos\alpha - \sin\alpha)^2/4$
		3	$T = Pgt^2(\sin\alpha + f\cos\alpha)^2/8$
		4	$T = Pgt^2(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
5	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	1	$Q = Pt(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		2	$Q = Pt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$Q = Pt(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		4	$Q = Pt(\sin\alpha - f\cos\alpha)/4$
6	ГЛАВНЫЙ ВЕКТОР СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ТОЧКУ	1	$R^e = P(f\cos\alpha - \sin\alpha)/2$
		2	$R^e = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		3	$R^e = P(\sin\alpha + f\cos\alpha)/2$
		4	$R^e = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$

7. Тема «Динамика механической системы»



Груз 1 весом  $P$  посредством невесомой нерастяжимой нити приводит в движение блок 2 весом  $2P$  радиуса  $r$ . Коэффициент трения скольжения груза 1 –  $f$ . Блок 2 – однородный цилиндр. Трением, на оси блока пренебречь. Угол наклона плоскости движения груза к горизонту –  $\alpha$ . В начальный момент система находилась в состоянии покоя.

№ п/п	ОПРЕДЕЛИТЬ:		ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:
1	УГЛОВУЮ СКОРОСТЬ БЛОКА	1	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2rt$
		2	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2r$
		3	$\omega = g(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/r$
		4	$\omega = g(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2r$
2	КОЛИЧЕСТВО ДВИЖЕНИЯ СИСТЕМЫ	1	$Q = P(\cos\alpha - f\sin\alpha)t/2$
		2	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
		3	$Q = 3P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t$
		4	$Q = P(\sin\alpha - f\cos\alpha)t/2$
3	ВЕРТИКАЛЬНУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ ДАВЛЕНИЯ БЛОКА НА ОПОРУ O	1	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$N_B = 3P - P\cos^2\alpha$
		3	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\cos\alpha/2$
		4	$N_B = 2P + P(\sin\alpha - f\cos\alpha)\sin\alpha/2$
4	ГЛАВНЫЙ МОМЕНТ СИЛ, ПРИЛОЖЕННЫХ К БЛОКУ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОЧКИ O	1	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		2	$M_2 = Pr(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$
		3	$M_2 = 0$
		4	$M_2 = Pr(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
5	КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ СИСТЕМЫ В ФУНКЦИИ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ S ГРУЗА ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$T = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)$
		2	$T = PS(1 - f)$
		3	$T = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		4	$T = 3PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
6	РАБОТУ, ЗАТРАЧЕННУЮ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРУЗА S ВДОЛЬ НАКЛОННОЙ ПЛОСКОСТИ	1	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)$
		2	$A_1 = PS(\sin\alpha - f\cos\alpha)/2$
		3	$A_1 = PS\cos\alpha$
		4	$A_1 = PS(\cos\alpha - f\sin\alpha)/2$

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Теоретическая механика»**

#### **а) основная литература:**

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: учеб. пособие: В 2 т.: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004. -730 с.: (и предыдущие издания).
2. Диевский В.А. Теоретическая механика: учеб. пособие: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2005. -320 с.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учебник. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2002, 2003, 2006. – 416 с. (и предыдущие издания).
4. Яблонский А.А. и др. Курс теоретической механики. учеб. пособие: Рек. Мин. обр. РФ - СПб.: Лань, 2004, 2001, 2002. -765 с.: (и предыдущие издания).
5. Цывильский В.Л. Теоретическая механика: Учеб. Рек. Мин. обр. РФ - М.: Высшая школа, 2001, 2008. – 319 с.

#### **б) дополнительная литература**

1. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике: Учеб. пособие: Доп. Мин.обр. СССР / Ред. А.А. Яблонский/. - М.: Интеграл-Пресс, 2004. - 382 с. (и предыдущие издания).
2. Диевский В.А. Теоретическая механика: сб.заданий: Рек. УМО/ - СПб.: Лань, 2007. -192 с.
3. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике: Учеб. пособие: рек.. Мин.обр.РФ/ М.: Вышш. шк. 2002. – 336 с.

#### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Электронный ресурс библиотеки АмГУ

### **4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Механика»**

1. Модели рычажных и зубчатых механизмов.
2. Тесты по темам.
3. Учебный видеофильм "Динамика",
4. Программы расчета на ПЭВМ.
5. Плакаты по теоретической механике.