

## АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.Б.22 Механика

*наименование дисциплины*

**Автор: Михайловская Тамара Ивановна**

**Код и наименование направления подготовки, профиля: 27.03.02 Управление качеством, Управление качеством в строительстве**

**Квалификация (степень) выпускника: бакалавр**

**Форма обучения: очная**

#### **Цель освоения дисциплины:**

**Целью дисциплины** является изучение механического движения макроскопических систем в пространстве с течением времени со скоростями, значительно меньшими скорости света в вакууме.

#### **Задачи учебного курса:**

- познакомить студентов с фундаментальными положениями классической механики;
- в рамках векторного формализма указать на основные допущения теории, дать глубокое понимание законов Ньютона;
- познакомить студентов с методом Лагранжа, показать возможность ковариантной записи уравнений движения;
- продемонстрировать применение рассмотренных методов к решению конкретных задач о движении материальной точки, о движении системы материальных точек, о движении твердого тела, малых колебаниях.

#### **План курса:**

Тема 1. Основные понятия и законы механики.

Основные понятия классической механики: пространство и время, движение, система отсчета. Понятие механической системы. Основные модели механических систем: материальная точка, система материальных точек, абсолютно твердое тело, сплошная среда. Область применимости законов классической механики. Первый закон Ньютона (закон инерции). Второй закон Ньютона (уравнение движения). Третий закон Ньютона (закон действия и противодействия).

Тема 2. Статика.

**Основные понятия и аксиомы статики.** Несвободное тело, идеальные связи, силы реакции. Основные виды связей: гладкая плоскость, поверхность и опора, гибкая нить, цилиндрический шарнир (подшипник), сферический шарнир (подпятник), невесомый стержень. Реакции этих связей. Геометрический и аналитический способы сложения сил.

**Условия равновесия системы сходящихся сил.** Сходящиеся силы. Равнодействующая сходящихся сил. Геометрическое условие равновесия системы сходящихся сил. Аналитические условия равновесия пространственной и плоской систем сходящихся сил. Теорема о равновесии трех непараллельных сил.

**Условия равновесия твердого тела.** Определение и свойства векторного произведения. Векторное произведение в прямоугольных координатах. Пара сил. Основная теорема статики о приведении системы сил к данному центру. Главный вектор и главный момент системы сил. Равнодействующая двух параллельных сил. Равновесие твердого тела.

Равновесие плоской системы сил. Алгебраическая величина момента силы. Вычисление главного вектора и главного момента плоской системы сил. Частные случаи приведения

плоской системы сил: приведение к паре сил, к равнодействующей и случай равновесия. Аналитические условия равновесия плоской системы сил. Сосредоточенные и распределенные силы. Реакция жесткой заделки. Равновесие системы тел. Статически определимые и статически неопределимые системы.

Равновесие пространственной системы сил. Момент силы относительно центра. Аналитические формулы для вычисления моментов силы относительно трех координатных осей. Вычисление главного вектора и главного момента пространственной системы сил. Аналитические условия равновесия произвольной пространственной системы сил. Условия равновесия пространственной системы параллельных сил.

### Тема 3. Кинематика.

**Векторный способ задания движения точки. Скорость. Ускорение.** Предмет кинематики. Пространство и время в классической механике. Относительность механического движения. Система отсчета. Задачи кинематики. Векторный способ задания движения точки. Траектория точки. Скорость точки как производная, ее радиус-вектора по времени. Ускорение точки как производная, ее вектора скорости по времени.

**Координатный способ задания движения точки. Скорость. Ускорение.** Прямоугольная декартова система координат. Закон движения точки. Определение траектории точки. Определение скорости и ускорения точки по их проекциям на координатные оси.

**Естественный способ задания движения точки. Скорость. Касательное и нормальное ускорения.** Естественный трехгранник. Алгебраическая величина скорости точки. Определение ускорения точки по его проекциям на оси естественного трехгранника; касательное и нормальное ускорения точки. Равномерное и равнопеременное криволинейные движения точки; законы этих движений.

**Поступательное и вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.** Конечные перемещения твердого тела: поступательное, сферическое вращение, вращение вокруг оси. Математическое описание поворотов в пространстве, вектор угловой скорости, углы Эйлера. Ускорение точек вращающегося тела. Угол поворота. Угловая скорость, угловое ускорение, величина и направление векторов. Линейные скорости и ускорения точек тела. Касательное и центростремительное ускорения, угол между векторами ускорения и скорости.

**Плоскопараллельное движение твердого тела.** Уравнения плоского движения. Разложение движения на поступательное и вращательное. Мгновенный центр скоростей движения твердого тела. Вычисление угловой скорости. Мгновенный центр ускорений. Вычисление углового ускорения.

### Тема 4. Динамика материальной точки и системы материальных точек.

**Уравнения движения материальной точки.** Основной закон динамики частицы. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Предмет динамики. Основные понятия и определения: масса, материальная точка, сила. Силы, зависящие от времени, от положения точки и от ее скорости. Задачи динамики. Дифференциальные уравнения движений свободной и несвободной материальной точки в декартовых и полярных координатах. Две основные задачи динамики для материальной точки. Начальные условия. Постоянные интегрирования и их определение по начальным условиям. Движение тяжелой частицы, влияние сопротивления воздуха.

**Общие теоремы динамики точки.** Законы сохранения и их использование при решении задач. Импульс и сила. Момент импульса и момент силы. Энергия и работа. Потенциальные и не потенциальные силы. Решение одномерных уравнений, его общие свойства. Движение в поле центральных сил. Сохранение момента количества движения в поле центральных сил. Плоские траектории, сохранение секторной скорости. Общее уравнение движения в полярных координатах. Общее решение радиального уравнения в

квадратурах. Центробежный вклад в эффективную потенциальную энергию, точки возврата, падение частицы на центр. Движение в поле тяготения. Открытые и замкнутые орбиты. Эксцентриситет, период движения.

**Относительное движение материальной точки.** Несвободное движение материальной точки. Дифференциальные уравнения движения точки по заданной гладкой неподвижной кривой. Определение закона движения и реакции связи. Относительное движение материальной точки. Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки; переносная и кориолисова силы инерции.

**Свободные прямолинейные колебания точки.** Свободные колебания материальной точки под действием восстанавливающей силы, пропорциональной расстоянию от центра колебаний. Амплитуда, начальная фаза, частота и период колебаний. Затухающие колебания материальной точки при сопротивлении, пропорциональном скорости; период этих колебаний.

**Уравнения движения механической системы. Механическая система.** Классификация сил, действующих на механическую систему: силы активные (задаваемые) и реакции связей; силы внешние и внутренние. Свойства внутренних сил. Масса системы. Центр масс; радиус-вектор и координаты центра масс. Дифференциальные уравнения движения механической системы.

**Теорема о движении центра масс механической системы.** Закон сохранения движения центра масс. Элементарный импульс силы. Импульс силы за конечный промежуток времени и его проекции на координатные оси.

**Теорема об изменении импульса системы.** Теорема об изменении количества движения материальной точки в дифференциальной и конечноразностной формах. Определение импульса системы. Теорема об изменении импульса системы. Условия сохранения импульса системы.

**Теорема об изменении момента импульса системы.** Момент количества движения системы частиц. Момент количества движения материальной точки и системы точек относительно центра и относительно оси. Теорема об изменении момента количества движения механической системы. Закон сохранения кинетического момента механической системы и его применение для решения задач. Момент количества движения в системе относительно центра инерции и относительно произвольного полюса.

**Теорема об изменении кинетической энергии системы.** Кинетическая энергия точки и механической системы. Работа силы при малом и конечном перемещении точки. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы в дифференциальной и конечной формах. Суммы работ внутренних сил и сил трения. Потенциальное силовое поле и силовая функция. Выражение проекций силы через силовую функцию. Поверхности равного потенциала. Работа силы при конечном перемещении точки в потенциальном силовом поле. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Влияние сил трения на движение системы, диссипация энергии.

Тема 5. Динамика твердого тела.

**Динамические характеристики твердого тела.** Разделение общего движения твердого тела на поступательное и вращательное с общей угловой скоростью. Момент импульса, или кинетический момент тела, представление через тензор моментов инерции и угловую скорость. Осевые и центробежные моменты инерции. Момент инерции относительно оси. Главные моменты инерции, главные центральные оси. Симметрия тела и вычисление моментов инерции.

**Уравнения движения твердого тела.** Кинетическая энергия вращающегося тела. Система уравнений движения твердого тела. Уравнения вращения тела вокруг неподвижной оси. Реакция закрепленных точек оси вращающегося тела. Статические нагрузки и динамические перегрузки.

Плоское движение тела и вращение свободного гироскопа. Физический маятник.

Крутильные колебания. Плоское движение тела. Вращение свободного твердого тела. Шаровой волчок, ротатор. Вращение симметричного волчка, или гироскопа. Движение вектора угловой скорости, прецессия. Скорость прецессии и скорость вращения вокруг оси. Работа сил, приложенных к твердому телу.

**Динамика сферического движения твердого тела.** Эйлеровы углы и соответствующие угловые скорости. Кинетическая энергия гироскопа в эйлеровых переменных. Уравнения вращения свободного гироскопа. Движение тяжелого гироскопа. Прецессия и нутации, три типа движения оси. Устойчивость вращения тяжелого волчка вокруг вертикальной оси. «Быстрый» волчок, приближенная теория гироскопов. Динамические уравнения Эйлера в подвижной системе главных осей твердого тела.

Тема 6. Основы аналитической механики.

**Классификация связей.** Связи и виртуальные перемещения. Обобщенные координаты системы (коллективные переменные). Число степеней свободы системы. Голономные и неголономные системы. Виртуальная работа и обобщенные силы. Принцип возможных перемещений в обычных и обобщенных координатах.

**Общее уравнение динамики. Принцип виртуальных перемещений.** Начало Даламбера. Сила инерции материальной точки и момент сил инерции твердого тела. Принцип Даламбера для материальной точки и механической системы. «Статический» метод решения динамических задач. Общее уравнение движения систем с совершенными связями. Уравнение Лагранжа первого рода для систем с голономными связями. Принцип возможных перемещений.

**Обобщенные координаты.** Обобщенные скорости. Кинетическая энергия в обобщенных скоростях. Сумма виртуальных работ сил инерции.

**Уравнения Лагранжа.** Тождества Лагранжа. Обобщенные силы. Уравнение Лагранжа второго рода для потенциальных и непотенциальных сил. Циклические координаты. Функция Лагранжа. Свойства функции Лагранжа.

**Принцип Гамильтона-Остроградского.** Функция Лагранжа и интеграл действия. Принцип наименьшего действия Гамильтона. Вариация действия. Общие свойства функции Лагранжа. Ограничения, следующие из однородности пространства и времени и изотропии пространства. Функция Лагранжа свободной частицы с учетом преобразования Галилея. Функция Лагранжа системы материальных точек.

**Малые свободные колебания системы.** Классификация положений равновесия. Линеаризация уравнений Лагранжа. Уравнения частот. Главные колебания.

### **Формы текущего контроля и промежуточной аттестации:**

В ходе реализации дисциплины *Б1.Б.22 Механика* используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

При проведении занятий лекционного типа:

выборочный или летучий опрос-контроль по материалам лекций.

при проведении занятий семинарского типа:

подготовка к практическим занятиям, выполнение практических заданий, лабораторных и контрольных работ.

при контроле результатов самостоятельной работы студентов:

изучение вопросов, которые не излагались преподавателем на лекциях и практических (семинарских) занятиях, выполнение практических заданий.

**Зачет проводится** в форме подведения итогов по результатам работы на лекционных и практических (семинарских) занятиях, выполнения заданий, лабораторных и контрольных работ и ответа на экзаменационный билет.

**Основная литература:**

- 1.Щербакова Ю. В. Механика: учебное пособие. — Саратов : Научная книга, 2019. — 191 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81028.html>
- 2.Волков А. Г. Механика: учебное пособие. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 116 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66170.html>
- 3.Стародубцева Г. П. Курс лекций по физике. Механика, молекулярная физика, термодинамика. Электричество и магнетизм: учебное пособие. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. — 168 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76115.html>
- 4.Барсуков В.И. Физика. Механика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015.— 248 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63918.html>.— ЭБС «IPRbooks».