

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Лектор: профессор В.Д. Бондарь

3 - 4 семестры

Введение. Теоретическая механика, место в ряду других наук, область применения, основные разделы. Материальная точка, система точек, твердое тело. Пространство, время. Система отсчета. Относительность движения.

Кинематика точки. Движение в декартовых координатах. Вектор-радиус. Уравнения движения и траектория. Векторы скорости и ускорения. Движение в ортогональных криволинейных координатах. Коэффициенты Ламе. Физические компоненты скорости и ускорения. Естественное описание движения. Кривизна и кручение. Формулы Френе. Естественные компоненты скорости и ускорения.

Кинематика твердого тела. Координаты полюса и эйлеровы углы. Уравнения движения. Матрица поворота. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Формулы Эйлера и Пуассона. Уравнения движения, скорости и ускорения точек тела. Поступательное, сферическое, вращательное и плоское движения.

Сложное движение точки и твердого тела. Относительное, переносное и абсолютное движения. Сложение и разложение движений. Теоремы сложения скоростей и сложения ускорений точки. Поворотное ускорение. Теоремы сложения угловых скоростей и сложения угловых ускорений тела. Поворотное угловое ускорение.

Динамика точки. Сила и масса. Инерциальная система отсчета. Законы Ньютона. Дифференциальные уравнения движения. Определение силы по движению. Вывод закона Гука. Определение движения по силе и начальному состоянию. Движение под действием восстанавливающей и возмущающей сил. Собственные и вынужденные колебания, резонанс, сдвиг фаз. Движение под действием силы тяготения. Форма орбит. Уравнение Кеплера. Общие теоремы динамики. Движение по поверхности и по линии. Принцип освобожденности связи. Нормальная и тангенциальная реакции. Закон Кулона. Круговой математический маятник. Уравнения равновесия. Потерянная сила и сила инерции. Принцип Даламбера. Форма поверхности вращающейся жидкости.

Динамика относительного движения точки. Основной закон динамики в неинерциальной системе отсчета. Переносная и кориолисова силы инерции. Принцип относительности Галилея. Относительное равновесие. Относительное движение у поверхности Земли. Вес точки. Зависимость веса от широты места.

Динамика системы точек. Внешние и внутренние силы. Дифференциальные уравнения движения. Меры инерции, движения и силового воздействия. Теоремы Гюйгенса-Штейнера и Кенига. Законы изменения количества движения, кинетического момента и кинетической энергии. Интегралы уравнений движения.

Динамика точки переменной массы. Закон Мещерского. Реактивная и тормозящая силы. Движение ракеты вдали от материальных тел. Формула Циолковского. Движение межпланетной ракеты.

Динамика твердого тела. Меры инерции и движения. Дифференциальные уравнения движения. Начальная задача. Эквивалентные системы сил. Законы Кулона для различных видов трения. Уравнения равновесия. Динамика поступательного, сферического, вращательного и плоского движений. Инерционное сферическое движение. Физический маятник. Теорема Гюйгенса.

Механические системы с геометрическими связями. Число степеней свободы. Уравнения Лагранжа со множителями связей. Обобщенные координаты, скорости и ускорения. Уравнения Лагранжа в обобщенных координатах. Обобщенные силы и кинетическая энергия в обобщенных координатах и скоростях. Координатное пространство.

Натуральные системы. Потенциальные силы. Функции и уравнения Лагранжа и Гамильтона. Преобразование Лежандра. Теорема Донкина. Обобщенные импульсы. Обобщенно консервативные системы. Позиционные и циклические координаты. Метод Рауса. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона.

Вариационные принципы. Возможные и виртуальные перемещения. Критерий идеальности связей. Принцип Даламбера-Лагранжа. Принцип виртуальных перемещений. Расширенное координатное пространство. Прямой и окольные пути. Изохронная вариация. Перестановочные соотношения. Функционал и условия его стационарности. Действие по Гамильтону. Принцип Гамильтона.

Устойчивость движения. Невозмущенное движение. Возмущения. Уравнения для возмущений. Устойчивость и асимптотическая устойчивость. Устойчивость движения. Теорема Ляпунова. Устойчивость равновесия Теорема Лагранжа. Признаки неустойчивости равновесия. Устойчивость линейных систем. Устойчивость по линейному приближению. Условия Рауса-Гурвица и Льенара-Шипара.

Малые колебания консервативных систем. Уравнения колебаний. Уравнение частот. Главные колебания. Нормальные координаты. Влияние диссипативных сил.

Темы семинарских занятий

3 семестр

1. Координатный способ описания движения точки. Ауд. - 10.13, 11.17, 12.18, дом. - 10.12, 11.10, 12.9.
2. Естественный способ описания движения точки. Ауд. - 12.8, 12.20, 12.32, дом. - 12.11, 12.14, 12.31.
3. Простейшие движения тела и их преобразования. Ауд. - 13.18, 14.3, 14.13, дом.: 13.14, 14.10, 14.18.
4. Плоское движение тела. Ауд. - 15.4, 16.34, 18.37, дом. - 15.3, 16.31, 18.40.
5. Сферическое движение тела. Ауд. - 19.3, 19.5, 20.9, дом. - 19.4, 19.7, 20.10.
6. Сложное движение точки и тела. Ауд. - 22.10, 23.47, 24.24, дом. - 22.17, 23.48, 24.27.

Контрольная работа 1. Кинематика точки и тела.

7. Определение силы по движению. Ауд. - 26.12, 26.30, 26.34, дом. - 26.25, 26.27, 26.35.
8. Определение движения по силе и начальному состоянию. Ауд. 27.15, 27.18, 27.55, дом. - 27.12, 27.22, 27.54.
9. Динамика относительного движения точки. Ауд. - 33.7, 33.9, 33.13, дом. - 33.2, 33.10, 33.16.
10. Динамика точки переменной массы. Ауд. - 45.9, 45.31, 45.33, дом. - 45.12, 45.28, 45.29.
11. Теоремы о количестве движения и кинетическом моменте точки. Ауд. - 28.5, 28.14, 28.18, дом. - 28.6, 28.16, 28.19.
12. Теорема о кинетической энергии точки, работа и мощность силы. Ауд. - 29.13, 30.1, 30.23, дом. 29.16, 30.3, 30.16.

Контрольная работа 2. Динамика точки.

4 семестр

1. Центр масс и моменты инерции тела. Ауд. - 9.2, 9.4, 9.25, 34.9, дом. - 9.3, 9.5, 9.26, 34.10.
2. Равновесие тела. Ауд. - 8.18, 8.27, 8.30, дом. - 8.21, 8.24, 8.28.
3. Динамика вращательного движения тела. Ауд. - 37.7, 37.13, 37.27, дом. - 37.8, 37.10, 37.26.
4. Динамика плоского движения тела. Ауд. - 39.2, 39.4, 39.19, дом. - 39.3, 39.6, 39.20.
5. Уравнения равновесия системы в обобщенных координатах. Ауд. - 46.2, 46.5, 46.20, дом. - 46.1, 46.12, 46.21.
6. Уравнения Лагранжа в обобщенных координатах. Ауд. - 48.1, 48.5, 48.13, дом. - 48.2, 48.12, 48.14.
7. Канонические уравнения Гамельтона. Ауд. - 49.1, 49.11, 49.12, дом. - 49.2, 49.4, 49.8.

Контрольная работа 3. Динамика тела. Уравнения Лагранжа и Гамильтона.

8. Принцип виртуальных перемещений. Ауд. - 46.3, 46.8, 46.10, дом. - 46.9, 46.11, 46.13.
9. Принцип Даламбера-Лагранжа. Ауд. - 47.3, 47.6, 47.15, дом. 47.5, 47.8, 47.11.
10. Устойчивость равновесия. Ауд. - 53.6, 53.11, 53.14, дом. - 53.10, 53.12, 53.16.
11. Устойчивость движения. Ауд. - 56.1, 56.3, 56.5, дом. - 56.2, 56.4, 56.6.
12. Малые колебания. Ауд. - 54.1, 54.17, 54.32, дом. - 54.2, 54.20, 54.31.

Контрольная работа 4. Вариационные принципы, устойчивость, малые колебания.

Литература

Учебники.

1. Бондарь В.Д. *Лекции по теоретической механике*. Новосибирск: НГУ, ч.1-1970, ч.2-1972, ч.3-1974.
2. Березкин Е.Н. *Лекции по теоретической механике*. М.: МГУ, ч.1-1967, ч.2-1968.
3. Гантмахер Ф.Р. *Лекции по аналитической механике*. М.: Наука, 1986.
4. Бухгольц Н.Н. *Основной курс теоретической механики*. М.: Наука, ч.1-1965, ч.2-1966.

Задачники.

1. Мещерский И.В. *Сборник задач по теоретической механике*. М.: Наука, 1981.