

Теоретическая механика

Лекторы:

Юрий Кривосенко

Ассистент:

Алексей Коротченков

Дмитрий Акулов

**Язык:**

Русский

Трудоемкость:

3 з.е.

Форма контроля:

Экзамен

Образовательная программа:

Теоретическая и экспериментальная физика

3 семестр

Беспроводные технологии

3 семестр

| Лекции (ак.час)* | Практические занятия (ак.час) | Лабораторные занятия (ак.час) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 32 | 32 | |
| *1 академический час = 45 минутам | | |

"Техническая динамика" является введением в теоретическую механику как раздел теоретической физики. Содержание включает в себя лагранжеву и гамильтонову механики, включая описание систем со связями, симметрии и законы сохранения в механике, а также основы теории колебаний и механики сплошных сред. Рассматриваемые темы представляют собой необходимую основу для последующего изучения как классического электромагнетизма, так и квантовой механики.

"Дополнительные главы классической механики" является продолжением "Теоретической механики": углубление знаний по гамильтоновой механике (интегральные инварианты, канонические преобразования, уравнение Гамильтона-Якоби и др.). Далее, изучается исследование вращательного движения твёрдого тела и динамики нелинейных систем — фазовых потоков в системах первого и второго порядков, анализу устойчивости стационарных точек, бифуркаций, дискретных отображений. Лекции сопровождаются практическими занятиями

Содержание курса

3 семестр

Теоретическая механика

Структура курса

| Разделы | Лекции (ак.ч.) | Практика (ак.ч.) |
|---|-------------------|---------------------|
| Часть 1 | | |
| 1. Лагранжева механика | | |
| Связи. Аналитические связи. Возможные и виртуальные перемещения. Реакции связей. Гипотеза идеальных связей. | 2 | 2 |
| 2. Уравнения Лагранжа, энергия системы | | |
| Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа первого рода. Обобщённые координаты. Уравнения Лагранжа второго рода, их свойства. Полная механическая энергия. Уравнения Эйлера-Лагранжа, ковариантность и калибровочная инвариантность. Натуральная система, обобщённый потенциал. Включение связей в уравнения Эйлера-Лагранжа. | 4 | 4 |
| 3. Первые интегралы | | |
| Механическое подобие. Первый интеграл динамической системы, пример лагранжевой. Связь законов сохранения и симметрии системы. Теорема о вириале. | 2 | 2 |
| 4. Одномерное движение | | |
| Интегрирование уравнений одномерного движения. Приведённая масса в задаче двух тел. Обратная задача восстановления потенциала по периоду колебаний. | 2 | 2 |
| 5. Движение в центральных полях | | |
| Общие свойства движения в центральном поле. Закон движения в неявном виде, уравнение траектории. Замкнутость орбиты, падение на центр. Теорема Бертрана (обзорно). Кеплерова задача. Метод подстановки Бине. | 4 | 4 |
| 6. Интегральные вариационные принципы | | |
| Действие по Гамильтону, принцип Гамильтона-Остроградского. Движение по инерции. Принцип Мопертюи. Замена координат в уравнениях Эйлера-Лагранжа, теорема Нётер. | 4 | 4 |
| 7. Теория колебаний | | |
| Малые одномерные колебания, свободные и вынужденные. Затухающие колебания. | 2 | 2 |
| 8. Колебания систем с числом степеней свободы, большим единицы | | |
| Нормальные моды. Контравариантность сил. Антирезонанс. Малые колебания при наличии трения, диссипативная функция Рэлея. | 4 | 4 |
| 9. Нелинейные колебания. | | |
| Ангармонические колебания, метод последовательных приближений. Фазовый портрет, сепаратриса математического маятника. Параметрические колебания, резонанс. Уравнение Матрё. | 4 | 4 |
| 10. Гамильтонова механика. | | |
| Теорема Донкина, преобразование Лежандра. Канонические уравнения Гамильтона. Циклические координаты. Скобки Пуассона. Тожество Якоби. Теорема Пуассона. | 4 | 4 |
| Часть 2. | | |
| 1. Лагранжева механика. | | |
| Связи. Аналитические связи. Возможные и виртуальные перемещения. Реакции связей. Гипотеза идеальных связей | 4 | 4 |
| 2. Канонические преобразования | | |
| Определение и критерии канонического преобразования. Валентность и производящие функции. Обобщённая симплектичность матрицы Якоби. | 4 | 4 |

| | | |
|--|---|---|
| 3. Уравнение Гамильтона-Якоби | | |
| Случаи с разделяющимися переменными. Теорема Лиувилля об интегрируемости гамильтоновых систем. Переменные действие-угол. | 4 | 4 |
| 4. Возмущение гамильтоновых систем | | |
| Классическая теория возмущения гамильтоновых систем с одной степенью свободы. Адиабатические инварианты. | 4 | 4 |
| 5. Вращательная динамика твёрдых тел | | |
| Векторно-матричное задание движения твёрдого тела (ТТ). Теорема Эйлера. Кинематические величины ТТ. Геометрия масс. Кинематические и динамические уравнений Эйлера. Эллипсоид инерции Пуансо, эллипсоид Мак-Куллага. | 6 | 6 |
| 6. Основы нелинейной динамики | | |
| Фазовые потоки для динамических систем первого порядка. Бифуркации. Потоки на окружности. Модель Курамото. | 4 | 4 |
| 7. Динамические системы в двух и более измерениях | | |
| Фазовая плоскость, траектории, портреты. Линеаризация и классификация стационарных точек. Предельные циклы. Бифуркации. Метод нормальной формы Пуанкаре. | 6 | 6 |
| 8. Хаотическое поведение (факультативно) | | |
| Дискретные отображения. Дерево Фейгенбаума. Удвоение периода. Система уравнений Лоренца. Странный аттрактор | 2 | 2 |

Рекомендуемые ресурсы

1. Гантмахер Ф. Р. Лекции по аналитической механике. - 3-е изд. - М.: Физматлит, 2005. - 264 с. --- Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47536>
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика: Учеб. пособие - в 10-ти т. Т.1. - Физматлит, 2018. - 224 с.
3. В.Ф. Журавлёв, Основы теоретической механики. - 3-е изд. - М: Физматлит, 2008. - 304 с.
4. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. Издательство Московского университета, 1978 г. - 575 с. , 127 ил.
5. Маркеев А.П. Теоретическая механика, 2-е издание. Ижевск: РХД, 1999.
6. Голдстейн Г., Пул Ч., Сафко Дж. Классическая механика. — М.: РХД, 2012. — 808 с. — ISBN 978-5-4344-0072-5.
7. М.Табор. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике. - М.: Едиториал УРСС, 2001. - 320 с.

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: домашнее задание, самостоятельная работа, контрольная работа, практическое занятие, дифференцированный зачет.

Формой оценивания является сдаваемый устно дифференцированный зачёт, для получения допуска на который необходимо за домашние задания набрать 2/3 баллов. Также в течение семестра возможны самостоятельные и/или контрольные работы, необходимость проведения которых устанавливает каждый из преподавателей практических занятий индивидуально.

Критерии оценивания на экзамене/зачёте:

для получения оценки “удовлетворительно” необходимо рассказать свой билет, ответить на дополнительные вопросы по ближайшим смежным темам, знать теоретический минимум;
 для получения оценок “хорошо” и “отлично” — в дополнение к требованиям получения “тройки” отвечать на содержательные вопросы по всему курсу, уметь решать задачи.