

# Теоретическая механика

**Lecturers:**

Юрий Кривосенко

**Assistants:**

Алексей Коротченков

Дмитрий Акулов

**Language:**

Русский

**Credit points:**

3 з.е.

**Monitoring type:**

Экзамен

**Educational Program:**

Теоретическая и экспериментальная физика

3 семестр

Беспроводные технологии

3 семестр

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
32	32	
*1 academic hour = 45 minutes		

"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

## Course content

### 3 семестр

#### Теоретическая механика

#### Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
<b>Часть 1</b>		
<b>1. Лагранжева механика</b>		
Связи. Аналитические связи. Возможные и виртуальные перемещения. Реакции связей. Гипотеза идеальных связей.	2	2
<b>2. Уравнения Лагранжа, энергия системы</b>		
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
<b>3. Первые интегралы</b>		
Механическое подобие. Первый интеграл динамической системы, пример лагранжевой. Связь законов сохранения и симметрии системы. Теорема о вириале.	2	2
<b>4. Одномерное движение</b>		
Интегрирование уравнений одномерного движения. Приведённая масса в задаче двух тел. Обратная задача восстановления потенциала по периоду колебаний.	2	2
<b>5. Движение в центральных полях</b>		
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
<b>6. Интегральные вариационные принципы</b>		
Действие по Гамильтону, принцип Гамильтона-Остроградского. Движение по инерции. Принцип Мопертюи. Замена координат в уравнениях Эйлера-Лагранжа, теорема Нётер.	4	4
<b>7. Теория колебаний</b>		
Малые одномерные колебания, свободные и вынужденные. Затухающие колебания.	2	2
<b>8. Колебания систем с числом степеней свободы, большим единицы</b>		
Нормальные моды. Контравариантность сил. Антирезонанс. Малые колебания при наличии трения, диссипативная функция Рэлея.	4	4
<b>9. Нелинейные колебания.</b>		
Ангармонические колебания, метод последовательных приближений. Фазовый портрет, сепаратриса математического маятника. Параметрические колебания, резонанс. Уравнение Матъё.	4	4
<b>10. Гамильтонова механика.</b>		
Теорема Донкина, преобразование Лежандра. Канонические уравнения Гамильтона. Циклические координаты. Скобки Пуассона. Тожество Якоби. Теорема Пуассона.	4	4
<b>Часть 2.</b>		
<b>1. Лагранжева механика.</b>		
Связи. Аналитические связи. Возможные и виртуальные перемещения. Реакции связей. Гипотеза идеальных связей	4	4
<b>2. Канонические преобразования</b>		
Определение и критерии канонического преобразования. Валентность и производящие функции. Обобщённая симплектичность матрицы Якоби.	4	4

<b>3. Уравнение Гамильтона-Якоби</b>		
Случаи с разделяющимися переменными. Теорема Лиувилля об интегрируемости гамильтоновых систем. Переменные действие-угол.	4	4
<b>4. Возмущение гамильтоновых систем</b>		
Классическая теория возмущения гамильтоновых систем с одной степенью свободы. Адиабатические инварианты.	4	4
<b>5. Вращательная динамика твёрдых тел</b>		
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
<b>6. Основы нелинейной динамики</b>		
Фазовые потоки для динамических систем первого порядка. Бифуркации. Потоки на окружности. Модель Курамото.	4	4
<b>7. Динамические системы в двух и более измерениях</b>		
Фазовая плоскость, траектории, портреты. Линеаризация и классификация стационарных точек. Предельные циклы. Бифуркации. Метод нормальной формы Пуанкаре.	6	6
<b>8. Хаотическое поведение (факультативно)</b>		
Дискретные отображения. Дерево Фейгенбаума. Удвоение периода. Система уравнений Лоренца. Странный аттрактор	2	2

## Recommended resources

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.

## Grading Policy

**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.