

# Общая физика: механика

**Lecturers:**

Эдуард Даниловский

**Assistants:**

Максим Коробков

Леонид Герчиков

Александр Смирнов

Виктор Лабунцов

Виктор Иванов

**Language:**

Русский

**Credit points:**

6 з.е.

**Monitoring type:**

Экзамен

**Educational Program:**

Теоретическая и экспериментальная физика

1 семестр

Беспроводные технологии

1 семестр

Lectures (a.h)*	Practice (a.h)	Labs (a.h)
64	64	64
*1 academic hour = 45 minutes		

Раздел "Механика" является первым разделом пятисеместрового курса общей физики. Весь курс является базовым для студентов физического факультета и лежит в основе всего дальнейшего обучения. В первом семестре изучается классическая механика, элементы специальной теории относительности, элементы теории колебаний, теории упругости и механики сплошных сред. Обсуждаются как классические результаты, так и достижения современной физики в призма изучаемого материала. В курсе делается акцент на изучение физических явлений и законов, и предполагается, что вопросы, требующие специальной математической подготовки, будут рассмотрены в последующих курсах по математической и теоретической физике. В результате обучения студенты должны знать основные законы механики и уметь их применять при решении задач.

Входные требования для записи на курс: физика и математика согласно программе среднего школьного образования, базовые знания понятий производной и интеграла и навыки работы с ними.

# Course content

## 1 семестр

### Общая физика: механика

#### Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практики (ак.ч.)
<b>1. Введение</b>		
Системы мер и единиц	2	2
<b>2. Нерелятивистская кинематика материальной точки</b>		
Основные понятия кинематики материальной точки: радиус-вектор, траектория, перемещение, путь, скорость, ускорение. Выражение скорости и ускорения в различных системах координат. Средняя скорость. Усреднение по времени и по ансамблю. Естественная параметризация движения. Ускорение материальной точки при криволинейном движении, его тангенциальная и нормальная составляющие. Вращательное движение. Баллистическое движение. Кривизна траектории.	4	4
<b>3. Нерелятивистская динамика поступательного движения материальной точки</b>		
Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Импульс. Масса как мера инертности. Сила. Импульс. Второй закон Ньютона. Закон сохранения импульса материальной точки. Третий закон Ньютона. Импульс системы материальных точек. Сохранение импульса замкнутой системы. Центр масс системы материальных точек. Система центра масс. Закон движения центра масс. Приведенная масса. Аддитивность и сохранение массы. Уравнение движения. Закон движения. Начальные условия. Прямая и обратная задача динамики. Интегрирование уравнений движения. Трение. Реактивное движение. Уравнение Мещерского, формула Циолковского. Работа силы. Мощность. Понятие кинетической энергии. Кинетическая энергия системы материальных точек. Преобразование энергии при переходе от одной ИСО к другой и теорема Кенинга. Консервативные силы. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии. Связь потенциальной энергии и силы. Градиент. Эквипотенциальные поверхности и смысл градиента. Примеры потенциалов, встречающихся в физике. Фinitное и инфинитное движение. Столкновения частиц. Упругие столкновения. Векторные диаграммы. Неупругие столкновения. Каналы реакции. Порог реакции.	10	10
<b>4. Нерелятивистская динамика вращательного движения материальной точки</b>		
Момент силы и момент импульса материальной точки и системы материальных точек. Уравнение динамики вращательного движения для материальной точки и системы материальных точек. Закон сохранения момента импульса. Момент импульса относительно оси. Вращение относительно движущегося центра. Рассеяние частиц. Формула Резерфорда. Дифференциальное сечение рассеяния. Секториальная скорость. Закон всемирного тяготения. Опыт Кавендиша. Потенциальная и полная энергия гравитационного взаимодействия. Вывод законов Кеплера. Типы орбит и их связь с полной энергией. Космические скорости. Межпланетные полеты. Приливные силы.	6	6
<b>5. Нерелятивистская динамика материальной точки в неинерциальных системах отсчета</b>		
Неинерциальные системы отсчета. Принцип относительности для НИСО. Силы инерции. Закон движения в НИСО. Динамика движения материальной точки в окрестности поверхности Земли. Отклонение отвеса от направления на центр Земли. Маятник Фуко. Связь инертной и гравитационной масс. Принцип эквивалентности. Опыт Этвеша и эксперименты по поиску "пятой" силы. Эффект Допплера для последовательности импульсов. Гравитационное красное смещение (качественно).	6	6
<b>6. Экспериментальные обоснования СТО</b>		

<p>Постулаты специальной теории относительности. Относительность одновременности событий. Способы синхронизации часов. Вывод преобразований Лоренца. Интервал. Причинность. Собственное время. Распад мю-мезонов. Лоренцево сокращение продольных размеров объекта и фотосъемка быстро движущихся объектов.</p> <p>Диаграммы Минковского. Парадокс "пенала". Экспериментальная проверка замедления времени. Релятивистский закон преобразования скоростей. Аберрация света. Продольный и поперечный эффект Доплера для периодической последовательности сигналов. Парадокс близнецов.</p>	6	6
<b>7. Релятивистская динамика материальной точки</b>		
<p>Релятивистский импульс и релятивистская энергия. Четырехвектор энергии-импульса. Энергия покоя. Преобразование энергии и импульса при переходе между инерциальными системами отсчета. Релятивистский закон сохранения энергии.</p> <p>Ускорение релятивистской частицы. Реактивное движение.</p> <p>Столкновения и распад релятивистских частиц. Порог реакции. Ускорители частиц.</p>	4	4
<b>8. Кинематика твердого тела</b>		
<p>Понятие абсолютно твердого тела. Независимость угловой скорости от начала отсчета в твердом теле. Сложение вращений. Разложение плоского движения на поступательное и вращательное. Мгновенная ось вращения.</p>	2	2
<b>9. Динамика твердого тела</b>		
<p>Момент импульса и момент инерции твердого тела. Теорема Гюйгенса-Штайнера. Вычисление моментов инерции. Понятие о тензоре инерции.</p> <p>Динамика вращательного движения АТТ вокруг фиксированной оси. Движение относительно центра масс. Маятник Максвелла. Скатывание тел с наклонной плоскости. Кинетическая энергия вращения. Прецессия свободного симметричного волчка. Приближенная теория движения гироскопа под действием внешних сил. Нутация (качественно). Гироскопические эффекты.</p>	6	6
<b>10. Элементы теории колебаний</b>		
<p>Уравнение колебаний. Общее решение и начальные условия. Понятия фазы, частоты, амплитуды. Энергия колебаний гармонического осциллятора.</p> <p>Метод комплексных амплитуд. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Добротность.</p> <p>Вынужденные колебания одинаковых связанных осцилляторов. Биения.</p> <p>Физический маятник. Приведенная длина и центр качания. Теорема Гюйгенса. Поворотный маятник. Измерение моментов инерции с помощью трифилярного подвеса.</p>	6	6
<b>11. Элементы теории колебаний</b>		
<p>Уравнение колебаний. Общее решение и начальные условия. Понятия фазы, частоты, амплитуды. Энергия колебаний гармонического осциллятора.</p> <p>Метод комплексных амплитуд. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Добротность.</p> <p>Вынужденные колебания одинаковых связанных осцилляторов. Биения.</p> <p>Физический маятник. Приведенная длина и центр качания. Теорема Гюйгенса. Поворотный маятник. Измерение моментов инерции с помощью трифилярного подвеса.</p>	6	6
<b>12. Элементы теории упругости</b>		
<p>Деформация простого растяжения. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Всестороннее и одностороннее сжатие. Плотность энергии упругой деформации.</p> <p>Деформация сдвига. Модуль сдвига. Деформация кручения. Модуль кручения. Жесткость пружины.</p>	2	2
<b>13. Элементы теории волн</b>		
<p>Кинематика волнового движения. Волновое уравнение, скорость распространения волн. Принцип суперпозиции. Стоячие волны. Упругие возмущения. Динамика струны. Звук. Эффект Доплера. Конус Маха.</p>	2	2
<b>14. Элементы теории волн</b>		
<p>Кинематика волнового движения. Волновое уравнение, скорость распространения волн. Принцип суперпозиции. Стоячие волны. Упругие возмущения. Динамика струны. Звук. Эффект Доплера. Конус Маха.</p> <p>Энергия волн в упругой среде. Колебания струны. Поток энергии, вектор Умова-Пойнтинга. Волны в цепочках связанных осцилляторов.</p> <p>Собственные волны в упругом стержне. Роль граничных условий.</p>	2	2

**Наименования лабораторных работ:**

- 1.01 Исследование распределения случайной величины.
- 1.02. Изучение скольжения тележки по наклонной плоскости.
- 1.02 А. Исследование движения тел под воздействием силы тяжести.
- 1.03 Изучение центрального соударения двух тел. Проверка второго закона Ньютона.
- 1.04 Маятник Обербека. Исследование равноускоренного вращательного движения.
- 1.05 Исследование колебаний физического маятника.

- 1.07 Изучение движения маятника Максвелла
- 1.08 Маятник с переменным  $g$
- 1.09 Измерение момента инерции методом крутильных колебаний
- 1.10 Маятник Поля
- 1.11 Измерение ускорения свободного падения с помощью оборотного маятника
- 1.12 Связанные колебания
- 1.13 Изучение прецессии гироскопа
- 1.14 Изучение колебаний струны

## Recommended resources

Учебники:

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Том 1. Механика.
2. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика.
3. Кириченко Н. А., Крымский К. М., Общая физика: механика (2013)

Сборники задач:

1. Иродов Е. И. Задачи по общей физике.
2. Овчинкин В. А. Сборник задач по общему курсу физики. Часть 1 (2013)

## Grading Policy

### 1. За семестр можно максимум набрать 103 балла:

- 25 баллов за лабораторные работы
- 15 баллов за проект
- по 15 баллов за каждую из двух контрольных работ (в середине и в конце семестра)
- 10 баллов за коллоквиум (в середине семестра)
- 20 баллов за экзамен
- 3 дополнительных балла за особые успехи

Допускается получение дробных баллов

### 2. Оценка за семестр:

- больше 90 - отлично
- больше 74 и до 90 - хорошо
- больше 60 и до 74 - удовлетворительно

### 3. Лабораторные работы

- В течение семестра будет 10 лабораторных работ

### 4. Проекты

### 5. Контрольные работы

- Две контрольные работы в середине и в конце семестра.
- На каждой работе будет предложено 6 задач стоимостью 3 балла каждая (одна задача бонусная). Работа проходит в течение 3.5 часов.
- Работа является обязательной к посещению и не предусматривает переписывания.
- За контрольную работу обязательно набрать не менее 60% баллов (9 баллов), что соответствует оценке "удовлетворительно". Если студент не набирает нужного числа баллов, ему необходимо добрать недостающие до оценки "удовлетворительно" баллы путем сдачи семинаристу домашнего задания: решение в присутствии семинариста произвольно выбранных задач из домашнего задания, по 2 балла за задачу. Если студент не справляется с указанным процессом, у него будет еще одна попытка добрать баллы за контрольные работы в день экзамена.

### 6. Коллоквиум и экзамен

- на коллоквиуме и экзамене студент получает билет с двумя теоретическими вопросами
- билеты на коллоквиуме - по первой половине семестра, билеты на экзамене - по второй половине семестра
- если студент захочет повысить оценку за коллоквиум или пересдать его, если не сдавал, он сможет сдавать экзамен в конце семестра по всем темам
- при условии хорошей подготовки на экзамене можно добрать баллы, чтобы повысить итоговую оценку, получив дополнительные задачи: 2 балла за задачу, но не более трех задач
- на коллоквиум автоматически допускаются все студенты
- допуском к экзамену является выполнение контрольных работ на оценку не менее 9 баллов за каждую, получение не менее 60% баллов за лабораторные работы и прохождение защиты проекта
- при отсутствии допуска к экзамену студент автоматически отправляется на пересдачу, для которой действуют те же правила допуска

**7. Вопросы лектору** можно задавать после лекций или направлять в форме личных сообщений через ИСУ или на портале [study.physics.itmo.ru](http://study.physics.itmo.ru)