

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО  
НТС ИНТЭЛ Протокол №4 от 23.07.2024 г.  
УМС ИЯФИТ Протокол №01/08/24-573.1 от 30.08.2024 г.  
НТС ИФИБ Протокол №3.1 от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОБЩАЯ ФИЗИКА: МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
(БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ)**

Направление подготовки [1] 12.03.04 Биотехнические системы и технологии  
(специальность) [2] 03.03.02 Физика  
[3] 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
[4] 03.03.01 Прикладные математика и физика  
[5] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кредит.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практических подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, ЭКЗ./зач./КР/КИ
2	6-7	216-252	30	60	30	42-78	0	0	Э
Итого	6-7	216-252	30	60	30	30	42-78	0	

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина относится к обязательной части естественнонаучного модуля. Преподавание курса реализуется через три вида занятий: лекции, практические занятия и физический практикум. Основными целями освоения учебной дисциплины является формирование у студентов целостной системы взглядов на устройство окружающего мира, научного метода мышления, демонстрация ведущей роли физики в процессе познания мира. В результате освоения дисциплины студент должен получить знания по основным понятиям и законам молекулярной физики, классической термодинамики и элементами статистической механики; уметь формулировать и применять основные законы и уравнения молекулярной физики, классической термодинамики и статистической механики для решения практических задач.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина относится к обязательной части естественнонаучного модуля. Преподавание курса реализуется через три вида занятий: лекции, практические занятия и физический практикум.

Лекции являются основным и ведущим видом занятий. На них даются базовые знания по дисциплине "Общая физика молекулярная (физика и основы статистической термодинамики)".

Практические занятия предназначены для реализации на практике теоретических знаний, получаемых на лекциях. В результате практических занятий у студентов формируются умения решать физические задачи, применяя методы математического анализа и моделирования.

Лабораторный физический практикум позволяет студентам физические законы, изученные на лекциях и практических занятиях, развить навыки планирования эксперимента, приобрести навыки: работы с различными приборами, обработки полученных данных, анализа и представления результатов эксперимента.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в образовательный естественнонаучный модуль

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников

	<p>В-УК-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>
УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	<p>3-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи</p> <p>В-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры умственного труда (В11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности,

	<p>способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p>
--	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Механика. Механические колебания	1-7	14/28/0	ДЗ-8 (1),к.р- 8 (5)	20	КИ-8	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
2	Молекулярная физика и основы статистической термодинамики	8-15	16/32/0	ДЗ-15 (1),к.р- 14 (5)	20	КИ-15	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1,

							У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
3	Физпрактикум «Механические колебания», «Молекулярная физика и основы статистической термодинамики».	1-15	0/0/30	КИ-8 (100)	10	КИ-15	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/60/30		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ДЗ	Домашнее задание
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	30	60	30
1-7	<b>Механика. Механические колебания</b>	14	28	0
1	<b>Колебания</b> Общие сведения о колебаниях. Малые колебания. Комплексные числа. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Свободные колебания системы без трения. Гармонические колебания. Амплитуда, частота и фаза колебания. Энергия гармонического колебания. Математический и физический маятники.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0
2	<b>Сложение колебаний одного направления. Затухающие колебания</b> Сложение колебаний одного направления. Векторная диаграмма. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Затухающие колебания. Коэффициент затухания. Логарифмический декремент затухания. Добротность	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0 0	0

	колебательной системы. Апериодическое движение. Автоколебания.			
3	<b>Вынужденные колебания</b> Вынужденные колебания. Резонанс. Резонансные кривые. Параметрический резонанс.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
4	<b>Атомно-молекулярное строение вещества. Элементы теории вероятности</b> Атомно-молекулярное строение вещества. Массы и размеры молекул. Оценка числа молекул в единице объема и межмолекулярных расстояний. Энергия взаимодействия молекул как функция расстояния между ними. Макроскопическая система. Подсистема. Динамический подход к описанию макроскопической системы. Микросостояние (на примере одноатомного газа). Макроскопические параметры: число частиц, объем, внутренняя энергия. Хаотичность движения молекул и флуктуации макроскопических параметров подсистемы. Статистический ансамбль. Определение вероятности с помощью статистического ансамбля. Функция распределения. Свойства вероятности. Условие нормировки. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Вычисление средних и их свойства.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн	0	0
5 - 6	<b>Статистическая физика и феноменологическая термодинамика</b> Термодинамические величины как средние значения макроскопических параметров. Макроскопическое состояние. Равновесное состояние. Время релаксации. Квазистатический процесс. Вычисление термодинамических величин с помощью функции распределения. Число ударов молекул газа о стенку сосуда. Давление идеального газа на стенку. Внутренняя энергия газа. Работа. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.  Экспериментальное уравнение состояния идеального газа. Постоянная Больцмана. Средняя энергия поступательного движения молекул. Температура и ее физический смысл. Число степеней свободы многоатомной молекулы. Энергия многоатомной молекулы в гармоническом приближении. Классический закон равнораспределения энергии по степеням свободы. Теплоемкость идеального газа при постоянном объеме и при постоянном давлении. Уравнение адиабаты идеального газа.	Всего аудиторных часов		
		4	8	0
		Онлайн	0	0
7	<b>Политропические процессы. Ван-дер-ваальсовский газ</b> Уравнение политропы идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Ван-дер-ваальсовский газ. Внутренняя энергия. Уравнение состояния.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн	0	0
8-15	<b>Молекулярная физика и основы статистической термодинамики</b>	16	32	0

8	<b>Распределение Максвелла</b> Функция распределения для составляющих скорости и модуля скорости молекул. Средняя арифметическая, средняя квадратичная и наиболее вероятная скорости молекул. Опыты Ламмерта и Штерна.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
9	<b>Распределение Больцмана</b> Распределение молекул в поле сил тяжести. Барометрическая формула. Распределение Больцмана в случае дискретного энергетического спектра. Опыты Перрена. Распределение Максвелла-Больцмана.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
10	<b>Энтропия и второе начало термодинамики</b> Макро- и микросостояния. Статистический вес. Вероятностная интерпретация статистического веса. Энтропия и ее основные свойства. Второе начало термодинамики. Статистическая интерпретация второго начала термодинамики. Природа необратимых процессов. Теорема Нернста.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
11	<b>Энтропия идеального газа. Коэффициент полезного действия тепловой машины</b> Связь между приращением энтропии и получаемой системой теплотой. Неравенство Клаузиуса. Энтропия идеального газа. Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины. Формулировки Клаузиуса и Кельвина второго начала термодинамики. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Теорема Карно.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
12	<b>Кристаллическое состояние вещества. Жидкое состояние вещества</b> Кристаллическая решетка. Физические типы кристаллических решеток. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти. Квазикристаллическая структура жидкостей. Поверхностное натяжение. Свободная энергия. Капиллярное давление. Явления на границе жидкости и твердого тела. Смачивание. Капиллярные явления.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
13	<b>Фазовые равновесия и превращения</b> Равновесие фаз. Испарение и конденсация. Плавление и кристаллизация. Приращение энтропии при испарении и плавлении. Равновесие жидкости и насыщенного пара. Критическое состояние. Пересыщенный пар и перегретая жидкость. Аморфные тела. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Тройная точка. Диаграмма состояния.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
14	<b>Явления переноса</b> Эмпирические законы вязкости, теплопроводности и диффузии. Средняя длина свободного пробега молекул. Эффективное сечение взаимодействия молекул.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
15	<b>Явления переноса</b> Газокинетический вывод уравнений вязкости, теплопроводности и диффузии для газов. Трение и теплопроводность в ультраразреженных газах.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0

1-15	<b>Физпрактикум « Механические колебания», «Молекулярная физика и основы статистической термодинамики».</b>	0	0	30
1 - 15	<b>Лабораторный практикум</b> Применение электронного осциллографа к исследованию колебаний звуковой частоты. Изучение колебаний с помощью маятника Поля. Эффект Доплера для звуковых волн. Определение скорости звука в твердых телах и модуля Юнга методом резонанса. Определение скорости звука в воздухе и отношения $C_p/C_v$ методом акустического резонанса. Исследование зависимости скорости звука в воздухе от температуры и определение отношения $C_p/C_v$ методом акустического резонанса. Измерение скорости ультразвука в средах импульсным методом. Определение коэффициента поверхностного натяжения волновым методом. Получение и измерение вакуума. Измерение коэффициента теплопроводности воздуха. Определение коэффициента вязкости воздуха по колебаниям диска. Определение удельной поверхности пористых тел по изотерме адсорбции. Изучение зависимости давления насыщенных паров жидкости от температуры и определение теплоты парообразования. Определение теплоемкости металлов методом электрического нагрева. Определение отношения $C_p/C_v$ для воздуха методом Клемана-Дезорма. Определение тройной точки вещества. Изучение распределения электронов по скоростям.	Всего аудиторных часов 0 0 30 Онлайн 0 0 0		

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	2 Семестр

1 - 15	<p><b>Лабораторный практикум</b></p> <p>Работа 1. Применение электронного осциллографа к исследованию колебаний звуковой частоты.</p> <p>Работа 2. Изучение колебаний с помощью маятника Поля.</p> <p>Работа 3. Эффект Доплера для звуковых волн.</p> <p>Работа 4. Определение скорости звука в твердых телах и модуля Юнга методом резонанса.</p> <p>Работа 5. Определение скорости звука в воздухе и отношения <math>Cp/Cv</math> методом акустического резонанса.</p> <p>Работа 5а. Исследование зависимости скорости звука в воздухе от температуры и определение отношения <math>Cp/Cv</math> методом акустического резонанса.</p> <p>Работа 6. Измерение скорости ультразвука в средах импульсным методом.</p> <p>Работа 7. Определение коэффициента поверхностного натяжения волновым методом.</p> <p>Работа 7а. Определение коэффициента поверхностного натяжения зондовым методом.</p> <p>Работа 8. Получение и измерение вакуума.</p> <p>Работа 9. Измерение коэффициента теплопроводности воздуха.</p> <p>Работа 10. Определение коэффициента вязкости воздуха по колебаниям диска.</p> <p>Работа 11. Определение удельной поверхности пористых тел по изотерме адсорбции.</p> <p>Работа 12. Изучение зависимости давления насыщенных паров жидкости от температуры и определение теплоты парообразования.</p> <p>Работа 13. Изучение броуновского движения взвешенных частиц.</p> <p>Работа 14. Определение теплоемкости металлов методом электрического нагрева.</p> <p>Работа 15. Определение отношения <math>Cp/Cv</math> для воздуха методом Клемана-Дезорма.</p> <p>Работа 16. Определение тройной точки вещества.</p> <p>Работа 17. Исследование взаимной диффузии газов.</p> <p>Работа 18. Изучение распределения электронов по скоростям.</p>
--------	---

## ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1 - 2	<p><b>Гармонические колебания.</b></p> <p>Уравнение гармонических колебаний</p>
3 - 4	<p><b>Затухающие и вынужденные колебания</b></p> <p>Сложение колебаний. Энергия колебаний. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.</p>
5 - 6	<p><b>Атомно-молекулярное строение вещества</b></p> <p>Элементы теории вероятностей. Уравнение состояния идеального газа</p>
7 - 8	<p><b>Первое начало термодинамики</b></p> <p>Первое начало термодинамики в применении к идеальному газу.</p> <p>Политропические процессы. Теплоемкость идеального газа.</p> <p>1-ая контрольная работа</p> <p>1. Гармонические колебания</p> <p>2. Затухающие и вынужденные колебания</p> <p>3. Первое начало термодинамики в применении к идеальному газу.</p>
9	<p><b>Ван-дер-ваальсовский газ</b></p> <p>Ван-дер-ваальсовский газ</p>
10 - 11	<p><b>Распределение Максвелла и Больцмана</b></p>

	Распределение Максвелла. Средняя и среднеквадратичная скорости молекул. Распределение Больцмана.
12 - 13	<b>Энтропия</b> Второе начало термодинамики. Энтропия идеального газа и Ван-дер-ваальсовского газа. КПД тепловой машины.
14	<b>Фазовые равновесия и превращения</b> Жидкости. Фазовые равновесия и превращения.  2-ая контрольная работа 1. Распределение Максвелла и Больцмана 2. Политропические процессы. Энтропия 3. Ван-дер-ваальсовский газ
15	<b>Явления переноса</b> уравнения вязкости, теплопроводности и диффузии для газов

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавателями кафедры общей физики по каждому из разделов курса созданы электронные конспекты лекций и электронные презентации к ним. Лекции читаются в специализированной мультимедийной физической аудитории, проводятся тематические тестирования (включая входное тестирование остаточных знаний), цель которых – стимулирование студентов к постоянной работе на всех видах аудиторных занятий и регулярного выполнения студентами семестрового домашнего задания. Каждый раздел тестов содержит от 6 до 8 дидактических единиц, что позволяет подстраивать тест под конкретную задачу, стоящую перед преподавателем. В зависимости от ситуации, преподаватель может варьировать числом задач в тесте (от 1 до 20), необходимых для получения положительной оценки (зачета), временем его прохождения (от 10 минут до 2 часов). По результатам теста составляется протокол с информацией о каждом студенте (время работы, общий балл, какие задания решены успешно). Имеется возможность повторного прохождения теста. Предусмотрены меры против несанкционированного доступа в систему.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15, ДЗ-8, к.р-8, ДЗ-15, к.р-14
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15, ДЗ-8, к.р-8, ДЗ-15, к.р-14
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-15, ДЗ-8, к.р-8, ДЗ-15, к.р-14
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15, ДЗ-8, к.р-8, ДЗ-

		15, к.р-14
	У-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15, ДЗ-8, к.р-8, ДЗ-15, к.р-14
	В-УКЕ-1	Э, КИ-8, КИ-15, ДЗ-8, к.р-8, ДЗ-15, к.р-14

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 С12 Курс общей физики Кн.3 Молекулярная физика и термодинамика, Савельев И.В., Москва: Астрель, 2007
2. ЭИ К 93 Курс общей физики Т. 1 Механика. Молекулярная физика. Колебания и волны., , : , 2007
3. 534 Л12 Лабораторный практикум "Колебания и волны" : , , Москва: МИФИ, 2009
4. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Колебания и волны" : , , Москва: МИФИ, 2009
5. 539.1 Л12 Лабораторный практикум "Молекулярная физика и термодинамика" : , , Москва: МИФИ, 2009
6. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Молекулярная физика и термодинамика" : , , Москва: МИФИ, 2009
7. 534 Л12 Лабораторный практикум курса общей физики. Разделы "Колебания и волны", "Молекулярная физика" : учебное пособие для вузов, Щербачев О.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
8. ЭИ Л12 Лабораторный практикум курса общей физики. Разделы "Колебания и волны", "Молекулярная физика" : учебное пособие для вузов, Щербачев О.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
9. 531 Л12 Лабораторный практикум по курсу общей физики. Раздел "Механика" : учебное пособие для вузов, Маркун Ф.Н. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
10. 53 С12 Сборник вопросов и задач по общей физике : учебное пособие, Савельев И.В., Санкт-Петербург: Лань, 2013

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 536 И83 Физика макросистем : Основные законы, Иродов И.Е., Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2006
2. 53 К17 Физика. Интернет-тестирование базовых знаний : учебное пособие для вузов, Калашников Н.П., Кожевников Н.М., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009
3. 53 С24 Элементарная обработка результатов измерений : учеб. пособие, Светозаров В.В., М.: МИФИ, 2005

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Методические указания для студентов с описанием режима и характера аудиторной и самостоятельной учебной работы по дисциплине.

Методические рекомендации для усвоения теоретического курса.

Для успешного изучения курса общей физики на младших курсах и подготовки к изучению курсов теоретической физики при обучении на старших курсах необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия. Почти бесполезно только читать любой учебник, его нужно конспектировать, т. е. записывать самое главное из того, что вы поняли (записывать надо свои мысли, а не текст учебника). Все, что осталось непонятым, надо на ближайшем занятии (лекция, семинар, лабораторная работа) спросить (после этого записать самое главное из вновь понятого, а оставшееся неясным — так бывает! - переспросить). Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. Выводы, встречающиеся в курсе (учебник, лекция), необходимо проделать самостоятельно (спустя некоторое время после проработки и не заглядывая в конспект или учебник). После того как вы научились давать определения (физически правильно и грамматически верно), записывать их математически, формулировать своими словами и записывать физические законы, объяснить, где и как они применяются, можно считать изучение данного раздела законченным. Ничего, включая важнейшие выводы, определения и формулировки, не надо учить наизусть. При необходимости понятый и закрепленный материал вы легко вспомните. Прорабатывая материал, полезно пользоваться разными учебниками. При подготовке к экзаменам достаточно собственного конспекта. Сведения по высшей математике, без которых современное изложение курса физики невозможно, рассмотрены в математическом введении основной и дополнительной литературы. Кроме того, параллельно с курсом общей физики Вы изучаете курсы высшей математики, программы которых сбалансированы и сопряжены с программой курса общей физики.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют строго за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию- это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для

самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами. Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие. Если позволяет характер задачи, обязательно сделайте рисунок, поясняющий ее сущность. За редкими исключениями, каждая задача должна быть сначала решена в общем виде (т. е. в буквенных обозначениях, а не в числах), причем искомая величина должна быть выражена через заданные величины. Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность. Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях.

В тех случаях, когда в процессе нахождения искомых величин приходится решать систему нескольких громоздких уравнений (как, например, часто бывает при нахождении токов, текущих в сложных разветвленных цепях), целесообразно сначала подставлять в эти уравнения числовые значения коэффициентов и лишь затем определять значения искомых величин. Убедившись в правильности общего решения, подставляют в него вместо каждой из букв числовые значения обозначенных ими величин, беря, разумеется, все эти значения в одной и той же системе единиц. Чтобы облегчить определение порядка вычисляемой величины, полезно представить исходные величины в виде чисел, близких к единице, умноженных на 10 в соответствующей степени (например, вместо 247 подставить 2,47E+2, вместо 0,086 — число 0,86E-1 и т. д.). Подставив в формулу числа, прежде чем начать вычисления, проверьте, нельзя ли воспользоваться формулами для приближенных вычислений, приведенными в Приложениях рекомендованных сборников задач.

Надо помнить, что числовые значения физических величин всегда являются приближенными. Поэтому при расчетах необходимо руководствоваться правилами действий с приближенными числами. В частности, в полученном значении вычисленной величины нужно сохранить последним тот знак, единица которого превышает погрешность этой величины. Все остальные значащие цифры надо отбросить. Получив числовой ответ, нужно оценить его правдоподобность. Такая оценка может в ряде случаев обнаружить ошибочность полученного результата. Например, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме, дальность полета камня, брошенного человеком, не может быть порядка 1000 м, масса молекулы — порядка 1 мг и т. п.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если учащийся решает задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Следует иметь в виду, что решающую роль в работе над задачами, как и вообще в учении, играют сила воли и трудолюбие.

Не следует смущаться тем, что некоторые задачи не решаются «с ходу». Достоверно установлено, что процесс творчества в области точных наук (а решение задач есть вид творчества) протекает по следующей схеме. Сначала идет подготовительная стадия, в ходе которой ученый настойчиво ищет решение проблемы. Если решение найти не удается и проблема оставлена, наступает вторая стадия (стадия инкубации) — ученый не думает о проблеме и занимается другими вопросами. Однако в подсознании продолжается скрытая работа мысли, которая часто приводит в конечном итоге к третьей стадии — внезапному озарению и получению требуемого решения. Нужно иметь в виду, что стадия инкубации не возникает сама собой — для того чтобы пустить в ход машину бессознательного, необходима настойчивая интенсивная работа в ходе подготовительной стадии. Решение задач, как мы уже

отмечали, есть также вид творчества и подчиняется тем же закономерностям, что и работа ученого над научной проблемой. Правда, в некоторых случаях, вторая стадия - стадия инкубации - может быть выражена настолько слабо, что остается незамеченной. Из сказанного вытекает, что решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены. Над заданными «на дом» задачами надо начинать думать как можно раньше, создавая условия для реализации стадии инкубации.

Если в условии задачи имеются числовые данные, не ленитесь доводить решение до числового ответа. Чтобы получить правильный числовой ответ, необходимо хорошо знать единицы физических величин и уметь производить аккуратно и надежно расчеты. И то, и другое может быть достигнуто только длительной практикой. Особое внимание нужно обращать на правильное определение порядка искомой величины. Среди учащихся часто встречается удивительное заблуждение - они считают, что ошибка в порядке величины (даже на несколько порядков) менее существенна, чем ошибка в значащих цифрах. Необоснованность такого мнения легко обнаруживается на следующем примере. Ошибка, заключающаяся в том, что вместо 5 получено 7, составляет 40 %, в то время как ошибка всего на один порядок (скажем, вместо 1,0E4 получено 1,0E5) составляет 900 %.

В рекомендуемых сборниках задач, в разделе, который следует за ответами, содержатся указания к решению более трудных задач. Обращаться к ним нужно лишь после того, как несколько попыток решить задачу не приведут к успеху.

Наконец, надо иметь в виду, что в ряде случаев задачи расположены в логической последовательности и в порядке возрастающей трудности. Поэтому толчком к решению данной задачи может послужить ознакомление с несколькими предшествующими задачами.

#### Методические рекомендации для подготовки к лабораторным работам.

Освоение студентом лабораторного практикума – необходимая составная часть работы студента при освоении курса общей физики.

Каждый студент за один семестр должен выполнить по индивидуальному графику семь (если специально не оговорено) лабораторных работ. График работ студент получает на первом в семестре занятии в соответствующей лаборатории.

Каждый студент перед началом семестра получает полный комплект литературы - набор книг с названием «Лабораторный практикум». Этот набор книг необходим для самостоятельной (домашней) подготовки студента к каждой лабораторной работе. Тема очередной лабораторной работы студента может опережать лекционный курс. Кроме того, темы около четверти лабораторных работ вообще не отражены в лекционном курсе. Такие лабораторные работы расширяют круг вопросов, рассматривающихся в разделе курса общей физики. По этой причине описание каждой лабораторной работы содержит достаточно проработанное теоретическое введение, основные расчетные формулы и формулы расчета погрешности, подробное описание лабораторной установки, сценарий проведения лабораторной работы, виды таблиц, для внесения в них результатов измерений, контрольные вопросы, дающие студенту осуществить самоконтроль уровня своей подготовки к работе.

Физическая лаборатория – помещение повышенной опасности. Поэтому, все студенты в начале каждого семестра перед началом работы в лаборатории проходят инструктаж по технике безопасности. Каждый студент в специальном журнале ставит свою подпись о том что он

прослушал инструктаж по технике безопасности работы в лаборатории и обязуется выполнять все пункты инструктажа.

1. Студенты не допускаются в лабораторию:

- а/ после звонка,
- б/ в верхней одежде.

2. Студент допускается к выполнению работы только после проверки преподавателем готовности студента.

Готовность студента к выполнению лабораторной работы состоит в следующем:

а) полностью подготовлена к сдаче предыдущая работа,

б) подготовлена текущая работа, подготовка включает: название работы, схему установки, рабочие формулы и формулы для расчета погрешностей; перечень приборов и принадлежностей (технические характеристики заполняются в лаборатории); перечень заданий и таблицы для прямых измерений;

в) знание эксперимента и теории данной работы в рамках описания работы в практикуме и учебника по курсу общей физики.

3. Студент не допускается к выполнению работы, если:

а) отсутствует лабораторный журнал или указанные в пункте 2-б записи в нем,

б) студент не знает теории работы в рамках теоретического введения в практикуме и не представляет отчетливо, что и каким методом он будет измерять;

в) имеется более одной несданной работы;

г) не подготовлена к сдаче предыдущая работа.

4. Студенты, недопущенные к выполнению по п.п.1-а, 3, выполняют работу в зачетную неделю.

5. Студентам, пропустившим занятия по уважительным причинам (имеется допуск из деканата), предоставить в течение семестра возможность выполнения любой свободной работы, не включенной в его индивидуальный график. Для этого преподаватель должен в лабораторном журнале студента сделать запись с просьбой допустить студента в удобное для студента время к выполнению работы (указать номер работы, выбранной преподавателем из менее занятых, что соответствует концу списка «График выполнения работ студентами»).

6. В течение одного занятия допускается выполнение не более одной лабораторной работы.

7. Не допускается совместная работа 2-х и большего числа студентов за одной установкой, если это не предусмотрено методическими указаниями к выполнению данной работы.

**Правила ведения лабораторного журнала студента.**

1. В качестве журнала используется тетрадь большего размера.

2. На титульном листе журнала должны быть указаны фамилия и инициалы студента, номер группы.

3. Оформление каждой работы начинается с новой страницы. Схемы и графики выполняются карандашом, все записи делаются ручкой, для графиков используется только миллиметровая бумага, графики вклеиваются в виде страницы в лабораторный журнал.

4. При оформлении работы рекомендуется выделять страницы для расчета. На расчетных страницах должны обязательно присутствовать рабочие формулы с подстановкой результатов

прямых измерений и физических констант в одной системе единиц. На этих же страницах производится расчет погрешностей.

5. Оформление работы завершается написанием заключения. В заключении должны содержаться ответы на следующие вопросы:

а) что и каким методом измерялось,

б) результаты с абсолютной и относительной погрешностями, доверительной вероятностью;

в) анализ результатов и погрешностей.

Прием зачета по лабораторной работе заключается в проверке:

а) результатов работы,

б) достоверности расчетов и их соответствия прямым измерениям

в) правильности построения графиков,

г) оформления работы и заключения.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Методические рекомендации преподавателям с указанием наиболее эффективных средств и методов обучения.

1. Основные принципы обучения физике

1. Цель обучения – развить физическое мышление, выработать физическое мировоззрение; познакомить с идеями и методами физической науки; научить применять принципы и законы для решения простых, нестандартных физических задач.

Излагая физические идеи и законы, нужно формировать диалектико-материалистическое понимание мира.

2. Обучение должно органически сочетаться с воспитанием. Нужно развивать в студентах волевые качества и трудолюбие. Ненавязчиво, к месту прививать элементы культуры поведения. В частности, преподаватель должен личным примером воспитывать в студентах пунктуальность и уважение к чужому времени: входить в аудиторию со звонком, заканчивать занятия также со звонком, даже если для этого придется прерваться на полуслове. После финишного звонка начинается личное время студента, посягать на которое преподаватель не имеет права.

3. Обучение должно быть не пассивным (сообщим студентам некоторый объем информации, расскажем, как решаются те или иные задачи), но активным – «студент должен усваивать методы самостоятельного познания» (П. П. Блонский). «Истинное знание всегда самостоятельно» (Л.Н. Толстой).

«Наиболее эффективным способом изучения физики является самостоятельное решение нетривиальных задач. Путь к ответу – это индивидуальный и увлекательный научный поиск, и этот творческий процесс нельзя заменить изучением рецептов решения задач».(О.Я. Савченко, предисловие к книге «Задачи по физике», Наука, 1981.)

4. Нужно строить обучение так, чтобы в овладении материалом основную роль играла память логическая, а не формальная. Запоминание должно достигаться через глубокое понимание. Непримиримо бороться с «зубрежкой». Физика должна представлять перед студентами не как некоторый объем информации, который нужно запомнить, а как умная, логичная и красивая наука

5. Одно из важнейших условий успешного обучения – суметь организовать работу студентов: «Педагог должен быть хорошим организатором» (П.П. Блонский).

6. Отношение преподавателя к студентам должно носить характер доброжелательной требовательности. Для стимулирования работы студентов нужно использовать поощрение, одобрение, похвалу, но не порицание (порицание может применяться лишь как исключение).

Преподаватель должен быть для студентов доступным. Не старайтесь выглядеть всезнающим и непогрешимым, не стыдитесь признаваться в ошибках или незнании чего-либо. Это не уронит, но, напротив, упрочит ваш авторитет.

«Одним из основных принципов должно быть внушение учащемуся уверенности в его собственных силах и помочи ему когда это необходимо» (Л.Д. Кудрявцев. Мысли о современной математике и ее изучении. Наука, 1977).

«Преподаватель, видя, что студент не справляется с требуемой работой, часто приходит к убеждению, что такому студенту нецелесообразно продолжать обучение в институте, чем и обуславливается все его дальнейшее отношение к этому студенту, которое в лучшем случае можно выразить словами «махнул на него рукой». По-настоящему, преподаватель с этого момента не имеет уже морального права продолжать обучение этого студента, ибо научить, как правило, можно только тогда, когда веришь, что можешь это сделать» (Л.Д. Кудрявцев).

7. «Необходим регулярный контроль над работой студентов. Правильно поставленный, он помогает им организовать систематические занятия, а преподавателю – оказать студенту в нужный момент необходимую помощь» (Л.Д. Кудрявцев).

## 2. Методические рекомендации к проведению лекций

1. Подготовка к лекции. Сразу после прочтения очередной лекции надо начинать подготовку к следующей. Составить план (не конспект!) лекции, в котором указать, какие вопросы и в какой последовательности будут излагаться, какие демонстрации и в каком, «месте» будут показаны. Не следует перегружать лекцию демонстрациями – оптимальное число демонстраций, как правило, равно 3-5. Демонстрации должны быть обязательно к месту и с объяснением сути демонстрируемого явления.

Попытаться, не заглядывая в книгу или конспект, проделать необходимые выкладки. Когда это не удается, нужно восстановить в памяти материал лекции по книге или конспекту и снова попытаться проделать выкладки самостоятельно. Если по истечении 1-2 дней вам удается проделать выкладки, без каких – либо затруднений, можете быть уверенными, что во время лекции вы не съబетесь.

Далее следует ознакомиться с тем, как излагается соответствующий вопрос в нескольких заслуживающих доверия учебных пособиях, после чего наступает самый важный этап подготовки – обдумывание материала. Этот этап в основном совершается не за письменным столом, а во время прогулок, поездок в городском транспорте, в полусне и т. п. Накануне дня, когда будет читаться лекция, нужно внимательно прочесть весь относящийся к теме лекции материал, содержащийся в учебнике.

Чем лектор меньше «симпатизирует» теме лекции, тем тщательнее должен ее готовить. Надо уметь себя сдерживать – соблюдать необходимую пропорцию между любимыми и нелюбимыми разделами программы.

На лекцию нужно идти, безуокоризненно владея материалом. Плохо подготовившийся лектор будет думать не о том, как заинтересовать и увлечь слушателей, а опасаться, как бы не забыть какой-либо вывод или формулировку.

2. Характер лекции. Подлинный педагог не «отбывает номер», а идет на лекцию, как на праздник. Каждая лекция должна читаться непринужденно, «на подъеме». Если вам во время лекции скучно, то слушателям в десять раз скучнее. Монотонное, бесстрастное, «занудное» чтение лекций совершенно недопустимо.

Лекции должны быть эмоционально окрашенными. Нужно увлекать слушателей своей увлеченностью. Выражать удивление и восхищение полученными результатами. Обращать внимание на их простоту (если не имеет место противное), симметрию, красоту. Предлагать слушателям попытаться представить, что испытывал тот или иной ученый, сделавший открытие.

Известный своим мастерством лектор А.П. Минаков говорил, что педагог должен чувствовать жизнь аудитории и «совершает лекцию» вместе с нею, а не перед нею, переживая каждый раз при изложении давно известного ему материала всю свежесть и новизну его первого восприятия».

«Обучение должно быть построено таким образом, чтобы в его процессе учащийся, получая знания, удивлялся и восхищался мудростью тех, кто принес людям эти знания. Удивлялся и восхищался гармонией (а там, где ее нет, удивлялся дисгармонии) вещей, с которыми его знакомят, чтобы он по существу оценивал смысл и значение приобретаемых знаний» (Л.Д. Кудрявцев).

Очень опытный, творчески работающий лектор может позволить себе во время лекции импровизацию. Однако это допустимо лишь на основе безуокоризненного владения излагаемым материалом.

Читая лекцию, нужно стремиться будить мысль, рассуждать вслух, вовлекая в этот процесс студентов. Когда бывает, возможно, предлагать студентам сообразить, каким может быть искомый результат.

Для оживления изложения и разрядки полезна шутка. Однако не следует, злоупотребляя шутками, превращать лекцию в балаган.

Огромное значение имеет культура речи. Совершенно недопустимы слова – паразиты, слова – сорняки: вот, значит, так сказать и т. п. Неприемлема сбивчивая, несвязная речь.

3. Техника чтения. В начале лекции нужно дать краткое введение, аннотацию, обзор для ориентировки. Рассказать о чем будет речь, что и как будет выяснено или получено. Иначе студенты «за деревьями не увидят леса». Закончив изложение, какого- либо вопроса, дать резюме, обозреть сделанное.

В ходе лекции нужно указывать, что и в каком виде студенту нужно будет помнить наизусть, и в особенности, что не надо стремиться запомнить. Нужно предостерегать студентов от «зубрежки», в частности демонстративно списывать (или делать вид, что списываете) с бумажки на доску те формулы или числовые значения, которые не следует запоминать.

Читая лекцию, нужно все время заботится, чтобы вас понимали.

Говорить громко, внятно, разборчиво, писать крупно, аккуратно и четко. Следить за темпом чтения. Темп должен быть достаточно умеренным для того, чтобы студенты успевали следить за ходом рассуждений и записывать основное, и вместе, с тем достаточно живым, чтобы не воцарилась скуча.

Не надо бегать перед доской, мельтешить перед студентами – это мешает слушателям сосредоточиться. Вместе с тем не следует уподобливаться истукану.

4. Соотношение лекций с учебником. В лекции и учебнике рассматриваются одни и те же вопросы, но в разных ракурсах и различными выразительными средствами. В отличие от учебника в лекции используются жесты, мимика, большая свобода и выразительность речи,

демонстрации. В известном смысле можно сказать, что лекция и учебник не дублируют, а дополняют друг друга.

А.П. Минаков рассказывал, что «знаменитый Гаспар Монж... состарившись, прекратил чтение лекций, хотя был совершенно бодрый. Я, говорит, не могу так жестикулировать, как раньше, я потерял свой жест. (А он читал теорию поверхностей.) Такое огромное значение придавал человек жесту, что даже перестал читать лекции!».

Автор(ы):

Хангулян Елена Владимировна

Калашников Николай Павлович, д.ф.-м.н.,  
профессор

Рецензент(ы):

Самарченко Дмитрий Александрович, к.ф.-м.н.,  
доцент