

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИКИ УСКОРИТЕЛЕЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.03.01 Приборостроение

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
6	2	72	30	30	0		12	0	3
Итого	2	72	30	30	0	0	12	0	

## АННОТАЦИЯ

В данном курсе рассмотрены разделы теоретической физики, которые важны для подготовки студентов:

- основы атомной физики, предпосылки создания, основные положения и применения квантовой механики;
- теория сверхпроводимости;
- физика ядра и термоядерный синтез;
- основы статистической физики заряженных частиц и плазмы.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В данном курсе рассмотрены разделы теоретической физики, которые важны для подготовки студентов:

- основы атомной физики, предпосылки создания, основные положения и применения квантовой механики;
- теория сверхпроводимости;
- физика ядра и термоядерный синтез;
- основы статистической физики заряженных частиц и плазмы.

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

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин основной образовательной программы подготовки, в первую очередь – высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, теория функции комплексного переменного, тензорный анализ, теория вероятностей, линейная алгебра и аналитическая геометрия), физика (механика, электромагнетизм, оптика, колебания и звук), химия (органическая и неорганическая, физическая химия).

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения	З-ОПК-1 [1] – знать методы математического анализа и моделирования; знать фундаментальные законы и понятия естественнонаучных дисциплин; знать основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения. У-ОПК-1 [1] – уметь применять методы математического анализа и моделирования для решения практических задач; уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования для проектирования и конструирования приборов и комплексов широкого назначения.

	<p>В-ОПК-1 [1] – владеть навыками применения знаний математического анализа в инженерной практике при моделировании; владеть навыками применения знаний естественнонаучных дисциплин в инженерной практике; владеть навыками применения общеинженерных знаний в инженерной деятельности.</p>
<p>УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа  У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников  В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач</p>
<p>УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах</p>	<p>З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи  В-УКЕ-1 [1] – 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
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми

		участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>6 Семестр</i>							
1	Раздел 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
2	Раздел 2	1-15	14/14/0		25	КИ-15	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-

							УКЕ-1, В-УКЕ-1
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>				50	3	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-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
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	30	0
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	16	16	0
1	<b>Тема 1.</b> Предмет и основные разделы теоретической физики.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

		0	0	0
2	<b>Тема 2.</b> Основы атомной физики. Основные элементарные частицы. Свойства элементарных частиц, атомов и ядер. Электроны, их свойства. Протоны. Нейтроны. Энергия частиц, зависимость массы от энергии. Ускорители заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тема 3.</b> Основные положения квантовой физики. Фотоэлектрический эффект. Фотоны, фотонная теория. Линейные спектры. Модель атома Бора.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Тема 4.</b> Дифракция электронов. Длина волны де-Бройля. Принцип неопределенности. Основы квантовой механики. Энергия фотона. Волновые уравнения. Уравнение Шредингера. Одномерное приближение. Решение уравнения Шредингера методом разделения переменных. Волновая функция электрона в свободном пространстве.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Тема 5.</b> Принцип соответствия квантовой и классической физики. Средние энергии. Излучение и поглощение. Операторы различных физических величин. Оператор энергии. Гамильтониан. Строение атома.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Тема 6.</b> Прохождение частиц через потенциальный барьер. Холодная эмиссия электронов из металла.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 7.</b> Квантовая физика в применении к строению молекул. Ионная связь в молекулах. Ион молекулы водорода. Молекула водорода и квантовая связь. Связь и энергетические зоны в твердых телах. Ионные и ковалентные кристаллы. Металлические кристаллы.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 8.</b> Проводники и непроводники электричества. Энергия Ферми для электронов. Распределение Ферми-Дирака. Тепловые свойства: теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение. Электропроводность металлов и сплавов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>1-15</b>	<b>Раздел 2</b>	14	14	0
9	<b>Тема 9.</b> Сверхпроводимость. Теория и применение сверхпроводимости.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Тема 10.</b> Атомы и ядра. Ядерная модель атома. Ядерные силы. Энергия связи ядер. Ядерные реакции. Энергетический выход реакций. Реакции в ядерных реакторах.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 11.</b> Прикладная ядерная физика. Деление ядер. Ядерные	Всего аудиторных часов		
		2	2	0

	реакторы. Типы ядерных реакторов. Гомогенные реакторы. Быстрый бридерный реактор.	Онлайн	0	0	0
12	<b>Тема 12.</b> Термоядерный синтез. Проблемы создания термоядерного ректора.	Всего аудиторных часов	2	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
13	<b>Тема 13</b> Основы статистической физики заряженных пучков и плазмы. Статистическая физика однокомпонентных систем микрочастиц. Фазовое пространство. Микроскопическая фазовая плотность, микроскопические функции. Многочастичная плотность распределения, ее свойства. Одночастичная плотность распределения. Кинетическое уравнение для одночастичной плотности распределения, его свойства. Типы интегралов столкновений. Уравнение Власова, его свойства.	Всего аудиторных часов	2	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
14	<b>Тема 14</b> Статистическая физика плазмы. Собственные колебания плазмы, плазменная частота, редукция плазменной частоты в трубе дрейфа. Экранирование электрического поля в плазме, дебаевское расстояние, дебаевское число, плазменный параметр. Определение плазмы. Характерные времена и расстояния в плазме, типы плазмы. Дебаевское приближение в физике плазмы. Распространение электромагнитных волн в плазме, затухание Ландау. Проводимость плазмы. Замагниченная плазма.	Всего аудиторных часов	2	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
15	<b>Тема 15</b> Неустойчивости заряженных пучков, типы неустойчивостей. Абсолютные, конвективные, микроскопические, аperiodические, колебательные неустойчивости. Предельный ток пучка, Альфеновский ток. Неустойчивости Бурсиана, Пирса, Бунемана.	Всего аудиторных часов	1	1	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
16	<b>Тема 16</b> Черенковская неустойчивость. Неустойчивость отрицательной массы. Шланговая и сосисочная неустойчивости. Основы генерации когерентных электромагнитных колебаний.	Всего аудиторных часов	1	1	0
		Онлайн	0	0	0
		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



## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются следующие образовательные технологии: аудиторные занятия, проводимые в форме лекций, практические занятия. Самостоятельная работа предполагает изучение и повторение пройденных тем, выполнение заданий с привлечением рекомендованной и дополнительной литературы.

## 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)
ОПК-1	З-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	З, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	З, КИ-8, КИ-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-15
	У-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-15
	В-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-15

## 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	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает

75-84		С	материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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			
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. ЭИ Б 18 Квантовая механика : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020
2. 538.9 Ф80 Лекции по физике экстремальных состояний вещества : , Москва: Издательский дом МЭИ, 2013

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 82 Квантовая статистическая механика. : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2011
2. 53 Л22 Теоретическая физика Т.5 Статистическая физика.Ч.1, Москва: Физматлит, 2013

### 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 рекомендации для студентов

### 1. Рекомендации по работе с лекционной частью дисциплины.

Перед началом занятий необходимо внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не смущайтесь, если вопросы вам кажутся простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности чаще возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь со стороны преподавателя возможен выборочный контроль ваших знаний).

Желательно использовать в конспектах лекций систему обозначений, к которой прибегает преподаватель.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными и вновь появляющимися литературными источниками.

### 2. Рекомендации для проведения практических занятий.

Перед посещением практического занятия уясните его тему и самостоятельно изучите связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвуйте в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач ведите дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

При проведении вычислений придерживайтесь следующего формата:

(Обозначение искомой величины) = (буквенная формула расчёта) = (подстановка численных значений величин, входящих в формулу, с указанием их размерностей) = (результат вычислений с указанием его размерности).

Это поможет вам избежать некоторых ошибок, либо выявить их и исправить.

По возможности самостоятельно доводите решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выясните у преподавателя неясные вопросы (если вы не прояснили их ранее).

### 3. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Получите у преподавателя задание и список рекомендованной литературы в самом начале семестра.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовьте письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

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

### **1. Чтение лекций.**

Первая лекция должна быть введением к дисциплине (разделу дисциплины, читаемому в начинающемся семестре). Она должна содержать общий обзор содержания дисциплины. В ней следует отметить методические инновации в решении задач, рассматриваемых в дисциплине, дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников, обратив внимание студентов на обязательную и дополнительную литературу.

Изложению текущего лекционного материала должна предшествовать вводная часть, содержащая краткий перечень вопросов, рассмотренных на предыдущих лекциях. На этом этапе полезно задать несколько вопросов аудитории, осуществить выборочный контроль знания студентов.

При изложении лекционного материала следует поощрять вопросы непосредственно в процессе изложения, внимательно относясь к вопросам студентов и при необходимости давая дополнительные, более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, опуская простые математические выкладки, либо рекомендуя выполнить их самим студентам, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

В процессе лекционного курса необходимо возможно чаще возвращаться к основным вопросам дисциплины, проводя выборочный экспресс-контроль знаний студентов.

Принятая преподавателем система обозначений должна четко разъясняться в процессе её введения и использоваться в конспектах лекций

В лекциях, предшествующих практическим занятиям, следует кратко излагать содержание и основные задачи практического занятия, дать рекомендации студентам для подготовки к нему.

На последней лекции важно найти время для обзора основных положений, рассмотренных в дисциплине, перечню и формулировке вопросов, выносимых на экзамен или зачёт.

### **2. Указания для проведения практических занятий.**

Тема практического занятия и его цели должны быть четко обозначены.

В начале практического занятия полезно обсудить основные понятия, связанные с его темой.

В ходе решения задач следует вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний на отдельных этапах решения.

Рекомендуется отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях, как вслух, так и в книжке преподавателя. Передавать эту информацию ответственному по текущей успеваемости.

В конце практического занятия предложить аудитории несколько контрольных вопросов.

### 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе, проводить его обсуждение.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

4. Лабораторная работа — это форма организации учебного процесса, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя самостоятельно проводят элементарные исследования на основе специально разработанных заданий. Лабораторная работа как вид учебного занятия должна проводиться в специально оборудованных учебных лабораториях. Продолжительность - не менее двух академических часов. Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы. Дидактические цели лабораторных занятий: - овладение техникой эксперимента; - формирование умений решать практические задачи путем постановки опыта; - экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, экспериментальная проверка формул, расчетов. Формируемые умения и навыки (деятельность студента): - наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения; - самостоятельно вести исследования; - пользоваться различными приемами измерений, оформлять результат в виде таблиц, схем, графиков; - получать профессиональные умения и навыки обращаться с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами при проведении опытов. Содержание лабораторного занятия определяется перечнем умений по конкретной учебной дисциплине (модулю), а также характеристикой профессиональной деятельности выпускников, требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы.

Автор(ы):

Полозов Сергей Маркович, к.ф.-м.н., доцент