

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

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ  
КАФЕДРА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ КВАНОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И БИОФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 5/25  
от 18.11.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ЛАЗЕРЫ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

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, экз./зач./КР/КП
9	3	108	16	24	8		24		Э
Итого	3	108	16	24	8	8	24		

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина является частью профессионального модуля образовательной программы. Целью дисциплины является дать специальные знания в области физики твердотельных лазеров в том числе с диодной накачкой, познакомить с конкретными приложениями в различных областях науки и техники, дать предварительную базовую подготовку для научной работы в области создания современных лазерных систем для применений в промышленном производстве и специальной технике.

Содержание программы дисциплины представляет собой развитие и углубление полученных ранее знаний в области физики. В ней используются основные понятия и представления, отвечающие теоретической базе, освоенной студентами ранее.

Данная дисциплина связана со следующими предшествующими дисциплинами: общая физика, квантовая механика, атомная и молекулярная спектроскопия, оптика, физика твердого тела, разделы математики: дифференциальное и интегральное исчисления, теория рядов, уравнения математической физики, теория вероятностей и математическая статистика. Освоение данной дисциплины имеет как самостоятельное значение, демонстрирующее объединение разных физических и математических методов, изучаемых и используемых в разных разделах физики лазеров, так и освоение основ лазерных микро- и нанотехнологий.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью дисциплины является дать специальные знания в области физики твердотельных лазеров в том числе с диодной накачкой, познакомить с конкретными приложениями в различных областях науки и техники, дать предварительную базовую подготовку для научной работы в области создания современных лазерных систем для применений в промышленном производстве и специальной технике.

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

Содержание программы дисциплины представляет собой развитие и углубление полученных ранее знаний в области физики. В ней используются основные понятия и представления, отвечающие теоретической базе, освоенной студентами при изучении дисциплин в рамках бакалавриата.

Данная дисциплина связана со следующими предшествующими дисциплинами: общая физика, квантовая механика, атомная и молекулярная спектроскопия, оптика, физика твердого тела, разделы математики: дифференциальное и интегральное исчисления, теория рядов, уравнения математической физики, теория вероятностей и математическая статистика. Освоение данной дисциплины имеет как самостоятельное значение, демонстрирующее объединение разных физических и математических методов, изучаемых и используемых в разных разделах физики лазеров, так и освоение основ лазерных микро- и нанотехнологий.

Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

- установок и систем в области физики конденсированного состояния вещества;
- методов повышения безопасности лазерных установок, материалов и технологий;
- лазерных установок и технологий, обладающих высокой эффективностью, безопасностью и защищенностью.

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
научно-исследовательский			
- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	ПК-3 [1] - Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011	3-ПК-3 [1] - знать методы проведения научных исследований и выполнения опытно-конструкторских работ в области физики У-ПК-3 [1] - уметь самостоятельно формулировать цели, ставить задачи научных исследований в своей профессиональной сфере; решать физические задачи с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта В-ПК-3 [1] - владеть навыками работы на современной аппаратуре, оборудовании; навыками использования информационных технологий в своей профессиональной области
- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том	физические объекты и системы различного масштаба, уровня	ПК-1.2 [1] - Способен применять на практике знания лазерной физики, физики полупроводников,	3-ПК-1.2 [1] - Знать законы и принципы физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики

<p>числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства</p>	<p>оптики, физических основ взаимодействия излучения с веществом для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт 40.039, 40.037, 40.006</p>	<p>У-ПК-1.2 [1] - Уметь формулировать, выделять, анализировать исходные данные об исследуемом объекте и явлении, исходя из законов и принципов физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики В-ПК-1.2 [1] - Владеть приемами и методами, используемыми в области физики твердого тела, оптики, взаимодействия излучения с веществом, квантовой механики, лазерной физики, для качественного и количественного описания исследуемых объектов и явлений</p>
<p>- выявление актуальных проблем и тенденций в области физики - работа с научной литературой, в том числе с использованием информационных технологий, отслеживание отечественных и зарубежных работ в исследуемой области - выбор методов, современной аппаратуры и информационных технологий для проведения исследования - проведение теоретических и</p>	<p>физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства</p>	<p>ПК-1.3 [1] - Способен ставить и решать теоретические и экспериментальные задачи в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.037, 40.039</p>	<p>З-ПК-1.3 [1] - Знать теоретические и аналитические модели и основные приемы проведения эксперимента в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом У-ПК-1.3 [1] - Уметь формулировать задачи исследования в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом, выбирать подходящие модели, экспериментальные приемы и методы исследования</p>

экспериментальных исследований			В-ПК-1.3 [1] - Владеть навыками анализа полученных результатов, формулирования выводов, корректировки дальнейшего плана исследования в области физики конденсированного вещества, фотоники, физики лазеров, полупроводниковой физики, взаимодействия излучения с веществом
технологическо-трансферный			
- разработка новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности - формирование целей проекта (программы), критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности - разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов и схем производства устройств,	физические объекты и системы различного масштаба, уровня организации, физические явления и процессы, физические, инженерно-физические, биофизические технологии, методы, приборы, устройства	ПК-5 [1] - Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт 40.039, 40.008	З-ПК-5 [1] - знать современные направления исследований в своей профессиональной области У-ПК-5 [1] - уметь анализировать и выявлять перспективные направления в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности В-ПК-5 [1] - владеть современными методиками и подходами в решении научно-инновационных и инженерно-технологических задач в профессиональной сфере

приборов, систем и комплексов			
-------------------------------	--	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	- 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	- 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.
Профессиональное воспитание	<p>- формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением (В32);</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для:</p> <p>- формирования культуры работы с патогенами, обеспечивающей безопасность и не распространение, приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности.</p> <p>Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.</p>

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

<b>№ п.п</b>	<b>Наименование раздела учебной дисциплины</b>	<b>Недели</b>	<b>Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.</b>	<b>Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)</b>	<b>Максимальный балл за раздел**</b>	<b>Аттестация раздела (форма*, неделя)</b>	<b>Индикаторы освоения компетенции</b>
	<i>9 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/12/4		25	КИ-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3,
2	Второй раздел	9-16	8/12/4		25	КИ-16	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3,
	<i>Итого за 9 Семестр</i>		16/24/8		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 9 Семестр</b>				50	Э	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-1.3, У-ПК-1.3, В-ПК-1.3

\* – 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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## **КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>	<b>Лек., час.</b>	<b>Пр./сем., час.</b>	<b>Лаб., час.</b>
	<i>9 Семестр</i>	16	24	8
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	8	12	4
	<b>Тема 1. Общие вопросы физики лазеров.</b> Спонтанное и индуцированное излучение, коэффициенты Эйнштейна. Принцип действия оптических генераторов. Квазиклассическая теория излучения. Свойства лазерного излучения. Гауссова пучка, прохождение гауссовых пучков через тонкую линзу.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	
	<b>Тема 2. Теория оптических резонаторов</b> Приближенная теория оптических резонаторов. Волновая теория открытых резонаторов . Резонаторы с плоскими зеркалами. Конфокальные резонаторы. Неконфокальные резонаторы. Матричный метод расчета лазерных резонаторов.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	2 0 0	
	<b>Тема 3. Селекция типов колебаний оптического резонатора</b> Классификация резонаторов. Астигматичные оптические элементы, астигматичные резонаторы. Эрмит-гауссов пучек и высшие моды лазерного резонатора. Лагерр-гауссов пучок и вырождение мод лазерного резонатора. Электрическое и магнитное поля гауссова пучка. Состояние поляризации мод лазерного резонатора. Метод Джонса. Селекция типов колебаний оптического резонатора. Синхронизация продольных мод. Синхронизация поперечных мод.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0 0	
	<b>Тема 4. Материалы активных сред твердотельных лазеров</b> Лазерные кристаллы. Спектры атомов в кристаллическом поле. Основные требования к активным средам твердотельных лазеров. Характеристики популярных лазерных кристаллов. Перспективные кристаллические среды. Лазерные стекла, применение и перспективы. Лазерные керамики. Композитные резонаторы, достижения и перспективы.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0 0	
	<b>Тема 5. Общие сведения об источниках накачки оптических генераторов</b> Системы накачки, распределение энергии излучения накачки внутри активного элемента лазера. Особенности лазерной диодной накачки. Термооптические искажения активной среды вызванные накачкой. Электронная линза.	Всего аудиторных часов 1 Онлайн 0	1 0 0	

	<p><b>Тема 6. Уравнения генерации и усиления лазерного излучения</b>  Приближенные уравнения, описывающие населенности атомных уровней. Приближенные уравнения для интенсивности излучения. Усредненные уравнения. Квазиклассическая теория лазерного излучения. Квазиклассическая теория лазерного усилителя.</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Всего аудиторных часов</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Онлайн</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	Всего аудиторных часов			1	2	0	Онлайн			0	0	0
Всего аудиторных часов														
1	2	0												
Онлайн														
0	0	0												
	<p><b>Тема 7. Режимы работы лазеров</b>  Лазеры работающие в стационарном и квазистационарном режимах. Энергетические характеристики трех и четырех уровневых генераторов в стационарном и квазистационарном режимах. Генераторы с управляемой добротностью. Методы управления добротностью резонатора. Основные характеристики генераторов с управляемой добротностью. Генераторы с пассивным затвором. Синхронизация поперечных мод при продольной диодной накачке. Синхронизация продольных мод, генерация ультракоротких импульсов.</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Всего аудиторных часов</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Онлайн</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	Всего аудиторных часов			1	2	4	Онлайн			0	0	0
Всего аудиторных часов														
1	2	4												
Онлайн														
0	0	0												
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	8      12      4												
	<p><b>Тема 1. Режимы работы лазеров</b>  Лазеры работающие в стационарном и квазистационарном режимах. Энергетические характеристики трех и четырех уровневых генераторов в стационарном и квазистационарном режимах. Генераторы с управляемой добротностью. Методы управления добротностью резонатора. Основные характеристики генераторов с управляемой добротностью. Генераторы с пассивным затвором. Синхронизация поперечных мод при продольной диодной накачке. Синхронизация продольных мод, генерация ультракоротких импульсов.</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Всего аудиторных часов</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>6</td><td>4</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Онлайн</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	Всего аудиторных часов			4	6	4	Онлайн			0	0	0
Всего аудиторных часов														
4	6	4												
Онлайн														
0	0	0												
	<p><b>Тема 2. Лазер как инструмент новых технологий</b>  Лазерная революция в технологиях обработки материалов. Примеры промышленных лазерных установок. Фармокопия света, новые идеи и возможности. Применение лазеров в практической медицине. Лазерные источники для специальных применений. Решаемые задачи и перспективы.</p>	<table border="1"> <tr> <td colspan="3">Всего аудиторных часов</td> </tr> <tr> <td>4</td><td>6</td><td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Онлайн</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	Всего аудиторных часов			4	6	0	Онлайн			0	0	0
Всего аудиторных часов														
4	6	0												
Онлайн														
0	0	0												

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>
	<p><i>9 Семестр</i></p> <p><b>Лабораторная работа 1 Твердотельный лазер на кристалле Nd:YAG с диодной накачкой</b></p> <p>Цель работы</p> <p>На примере твердотельного лазера на кристалле Nd:YAG с диодной накачкой ознакомление с основными принципами работы лазеров, характеристиками лазерного излучения.</p> <p>Основы физики работы твердотельного лазера лазеров Лазер – «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» Схема уровней кристалла Nd:YAG, инверсная населенность. Усиление и генерация. Открытые резонаторы, матричный расчет резонатора. Особенности лазерной диодной накачки.</p> <p>Лабораторная установка твердотельного лазера с диодной накачкой Описание экспериментальной установки. Юстировка зеркал резонатора, юстировка элементов схемы диодной накачки, оптимизация коэффициента пропускания выходного зеркала.</p> <p>Измерение основных характеристик лазерного излучения Методики измерения основных характеристик лазерного излучения : измерение мощности, расходимости, длины волны излучения.</p>
	<p><b>Лабораторная работа 2 Твердотельный лазер на кристалле Nd:YLF с диодной накачкой и модуляцией добротности резонатора акустооптическим затвором</b></p> <p>Цель работы</p> <p>Ознакомление с различными режимами работы твердотельных лазеров с диодной накачкой на примере лазера на Nd:YLF с модуляцией добротности резонатора акустооптическим затвором .</p> <p>Физические основания различных режимов работы твердотельного лазера с диодной накачкой Особенности кристаллической среды Nd:YLF, как активной среды для лазеров с диодной накачкой. Непрерывный режим работы лазера, режим генерации гигантских импульсов при модуляции добротности резонатора, синхронизация продольных мод. Расчет основных характеристик лазера на Nd:YLF с модуляцией добротности резонатора, особенности продольной диодной накачки – синхронизация поперечных мод.</p> <p>Лабораторная установка твердотельного лазера на Nd:YLF с продольной диодной накачкой с модуляцией добротности резонатора акустооптическим затвором (АОЗ) Описание экспериментальной установки, угловой синхронизм АОЗ, области вырождения поперечных мод при продольной накачке, достижение высокого пространственного качества излучения лазера.</p> <p>Измерение основных характеристик лазерного излучения Методика измерения основных характеристик лазерного излучения: измерение</p>

	средней мощности излучения, частоты повторений и длительности импульсов излучения, энергии в импульсе излучения, измерение пространственного качества излучения (фактор М2), диаметра лазерного пучка.
	<p><b>Лабораторная работа 3 Синхронизация поперечных мод в твердотельных лазерах с продольной диодной накачкой</b></p> <p>Цель работы</p> <p>На примере лазера на Nd:YLF с продольной диодной накачкой ознакомить с эффектами синхронизации поперечных мод.</p> <p>Проявление эффектов синхронизации поперечных мод в твердотельных лазерах с продольной диодной накачкой</p> <p>Условия проявления эффекта синхронизации поперечных мод в твердотельных лазерах с продольной диодной накачкой. Особенности пространственной и временной структуры излучения в областях синхронизации поперечных мод.</p> <p>Лабораторная установка твердотельного лазера на Nd:YLF с неоднородной продольной диодной накачкой</p> <p>Описание экспериментальной установки, метод сканирования конфигурации резонатора (произведения параметров устойчивости резонатора) при изменении длины резонатора. Регистрация пространственной структуры излучения в областях вырождения поперечных мод, зависимости порогов генерации в областях вырождения поперечных мод от длины резонатора. Проявление эффектов фазовых искажений активной среды по механизмам наведенной термической и электронной линз в пороговых зависимостях.</p> <p>Некоторые практические приложения эффекта синхронизации поперечных мод Режим двухволновой генерации в областях вырождения поперечных мод. Измерение оптической силы наведенных термооптических и электронно-оптических искажений в активной среде при мощной диодной накачке.</p>

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций, практических и лабораторных занятий, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении повторения ранее пройденного материала и подготовке к контрольным мероприятиям.

С целью формирования и развития профессиональных навыков, обучающихся в учебном процессе, широко используются технологии активного обучения – обсуждение пройденного материала, проведение «круглых столов».

На занятиях контролируется степень усвоения материала, даются консультации, оказывается помощь в анализе и систематизации получаемой информации.

Для того чтобы дать представление о современных достижениях в создании твердотельных лазеров с диодных накачкой предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме, посещение лабораторий НИЯУ МИФИ и ФИАН. Рекомендуется посещение студентами научных семинаров и конференций, проводимых в ФИАН, в НИЯУ МИФИ, а также в других организациях.

## **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:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1.3	З-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1.3	Э, КИ-8, КИ-16

### **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 иочно 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
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	

			формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
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 К67 Solid-State Laser Engineering : , New York, NY: Springer New York,, 2006
2. ЭИ Б 82 Лазеры: применения и приложения : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ Б 82 Лазеры: устройство и действие : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ Б 91 Основы полупроводниковой электроники : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
5. 537 З-43 Принципы лазеров : , О. Звелто, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Б 95 Лазерные резонаторы : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2004
2. 621.37 А37 Лазеры. Исполнение, управление, применение : , Москва: Техносфера, 2012
3. 621.37 Д81 Квантовая электроника. Приборы и их применение : учебное пособие для вузов, В. И. Дудкин, Л. Н. Пахомов, Москва: Техносфера, 2006
4. 621.37 Л17 Лазеры на алюмоиттриевом гранате с неодимом : , Г. М. Зверев [и др.], М.: Радио и связь, 1985
5. 621.38 Э45 Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника : Учеб. пособие для вузов, Под ред. Федорова Н.Д., М.: Радио и связь, 2002
6. 537 Х19 Лекции по квантовой радиофизике : , Я. И. Ханин, Нижний Новгород: ИПФ РАН, 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**

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения – мультимедийным оборудованием. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены рабочими местами, в том числе компьютерной техникой, с возможностью выхода в сеть «Интернет». Для проведения лабораторных работ помещения оснащены соответствующим оборудованием.

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

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение лабораторных работ,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Начальный этап предусматривает проведение лекционный занятий.

На последующих этапах проводятся практические занятия, на которых студенты демонстрируют знания лекционного материала, подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенными темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

На заключительном этапе работы студентам предлагается выполнение контрольных работ.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольных мероприятий:

- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и ответ на предложенные вопросы на экзамене.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация, которая включает в себя письменный и устный ответ на предложенные вопросы.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

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

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение лабораторных работ,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Начальный этап предусматривает проведение лекционный занятий.

На последующих этапах проводятся практические занятия, на которых студенты демонстрируют знания лекционного материала, подготовленность к занятиям, выполнение домашнего задания. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенными темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

На заключительном этапе работы студентам предлагается выполнение контрольных работ.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольных мероприятий:

- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется методом проверки и оценки ответов на предложенные вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и ответ на предложенные вопросы на экзамене.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация, которая включает в себя письменный и устный ответ на предложенные вопросы.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

Автор(ы):

Чешев Евгений Анатольевич, к.ф.-м.н.