



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

« 21 » 01

Голик С.С.

(Ф.И.О.)

2022 г.



«ТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента

(подпись)

« 1 » 01 2022 г.

Короченцев В.В.

(Ф.И.О.)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Физика лазеров и нелинейная оптика

**Направление подготовки 03.03.02 Физика**

Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)

**Форма подготовки очная**

курс 3 семестр 5

лекции 36 час.

практические занятия 34 час.

лабораторные работы не предусмотрены.

в том числе с использованием МАО лек. 0 /пр. 18 /лаб. 0 час.

в том числе в электронной форме лек. 0 /пр. 0 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 70 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

в том числе в электронной форме 0 час.

самостоятельная работа 38 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час.

контрольные работы (2)

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.

экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. №891.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики

протокол № 1 от « 11 » 10 2021 г.

Директор департамента

к.х.н., доцент, Короченцев В.В.

Составитель (ли):

к.ф.-м.н., доцент Голик С.С.

Владивосток

2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по физике лазеров и нелинейной оптике.

**Задачи:**

- изучение физических основ физики лазеров;
- изучение основных принципов работы распространенных лазерных систем;
- приобретение навыков решения задач по дисциплине физики лазеров.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики, а также стандартные программные средства компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин	ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.

2.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.	Знает методики построения физических и математических моделей процессов и явлений в фундаментальной и прикладной физике.
	Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и наноэлектроники.
	Владеет навыками построения физических и математических моделей процессов и явлений в фундаментальной и прикладной

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	физике.

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы 108 академических часов). (1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Раздел I. Принципы работы лазеров.	8	16	-	16-	11	27	ПР-15
2	Раздел II. Типы лазеров и их свойства. Основы нелинейной оптики		20		18			ПР-15
Итого:			36	-	34	11	27	

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36 часов)**

## **Раздел 1. Принципы работы лазеров (16 часов)**

### **Тема 1. Коэффициенты Эйнштейна (2 часа)**

Определение физики лазеров. Индуцированные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения.

### **Тема 2. Ширина линии (3 часа)**

Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Однородное и неоднородное уширения. Гауссова форма линии при доплеровском уширении

### **Тема 3. Усиление (2 часа)**

Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.

### **Тема 4. Лазеры усилители (2 часа).**

Усиление и генерация. Полоса пропускания усилителя бегущей волны. Шум квантового усилителя. Максимальная выходная мощность. Импульсный режим, максимальная выходная энергия, изменение формы импульса при нелинейном усилении.

### **Тема 5. Генерация излучения (3 часа)**

Открытый резонатор, его добротность. Регенерация резонатора при усилении. Проломной резонаторный усилитель. Отражательный усилитель. Условия самовозбуждения. Условия резонанса. Частота генерации. Максимальная выходная мощность.

### **Тема 6. Оптические резонаторы(4 часа)**

Открытые резонаторы, прореживание спектра. Число Френеля. Моды. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери. Метод Фокса и

Ли. Интегральное уравнение открытого резонатора. Конфокальный резонатор. Распределение поля.

## **Раздел 2. Типы лазеров и их свойства. Основы нелинейной оптики (20 часов).**

### **Тема 1. Газовые лазеры. (2 часа)**

Свойства и особенности газообразных сред. Гелий-неоновый лазер, схема уровней, мощность и ширина линии излучения.

### **Тема 2. Ионные лазеры, лазеры на парах металлов (2 часа)**

Аргонный лазер. Двухступенчатое возбуждение. Зависимость от плотности тока разряда. Условие инверсии. Эффект перекачки газа в разряде. Гелий-кадмиевый лазер. Пеннинговский механизм ионизации и возбуждения. КПД газоразрядных лазеров. Самоограниченные переходы. КПД, энергия, мощность лазеров на самоограниченных переходах. Медный лазер, схема уровней, параметры лазера.

### **Тема 3. Твердотельные лазеры (2 часа)**

Рубиновый лазер, Nd:YAG лазер.

### **Тема 4. Полупроводниковые лазеры (2 часа)**

Лазеры на гомо- и гетеропереходах. Лазеры с распределенной обратной связью, РБО лазеры, перестраиваемые лазеры.

### **Тема 5. CO<sub>2</sub> лазеры (2 часа)**

Непрерывная генерация, ТЕА CO<sub>2</sub> лазеры

### **Тема 6. Лазеры сверхкоротких импульсов (4 часа)**

Титан-сапфировый лазер. Генерация и усиление ультракоротких импульсов.

### **Тема 7 Основы нелинейной оптики (6 часов).**

Генерация второй гармоники. Самофокусировка, керровская нелинейность.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (34 часа)**

**Занятие 1. Свойства излучения и применение газовых лазеров (обсуждение в группах) (3 часа)**

**Занятие 2. Свойства излучения и применение твердотельных лазеров (обсуждение в группах) (3 часа)**

**Занятие 3. Свойства излучения и применение полупроводниковых лазеров (обсуждение в группах) (4 часа)**

**Занятие 4. Свойства излучения и применение волоконных лазеров (обсуждение в группах) (4 часа)**

**Занятие 5. Свойства излучения и применение фемтосекундных лазеров субгигаватной мощности (обсуждение в группах) (4 часа)**

**Занятие 6. Свойства излучения и применение фемтосекундных лазеров тераваттной мощности (обсуждение в группах) (4 часа)**

**Занятие 7. Применение лазеров в медицине (обсуждение в группах) (4 часа)**

**Занятие 8. Расчет параметров резонаторов, оценка ширины линии генерации (решение задач с обсуждением) (4 часа)**

**Занятие 9. Основные методы измерений параметров лазерных импульсов (обсуждение в группах) (4 часа)**

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Название дисциплины» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые модули/ разделы / темы</b>	<b>Коды и этапы формирования</b>	<b>Оценочные средства - наименование</b>
------------------	--	----------------------------------	--

	дисциплины	компетенций	текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Принципы работы лазеров	ПК-1	знает: предпосылки создания лазерной физики, основные физические принципы работы лазеров; умеет: излагать, понимать и критически анализировать информацию; владеет: методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;	Контрольная работа  Экзамен, вопросы № 1 - 10
2	Раздел 2. Типы лазеров и их свойства. Основы нелинейной оптики.	ПК-1	знает: основные типы лазеров, принципы их работы и основные характеристики и свойства, области их применения; умеет: производить оценки основных параметров лазерных систем; владеет: навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Контрольная работа. Работа на семинарских занятиях  Экзамен, вопросы № 10 - 26

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.



## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Борейшо [и др.] ; под ред. А. С. Борейшо. М.Ю. Ильин, А.А. Ким, И.А. Киселев, Д.В. Клочков, М.А. Коняев, Л.Б. Кочин, В.С. Лугиня, Н.Ю. Малькова, А.В. Морозов, Е.Н. Никулин, С.Ю. Страхов, А.В. Федин, А.В. Чугреев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 520 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87570>.
2. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях [Электронный ресурс] / В.В. Тучин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2010. — 499 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2350>.
3. Борейшо, А.С. Лазеры: устройство и действие [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Борейшо, С.В. Ивакин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93585>
4. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Борейшо [и др.] ; под ред. А. С. Борейшо. М.Ю. Ильин, А.А. Ким, И.А. Киселев, Д.В. Клочков, М.А. Коняев, Л.Б. Кочин, В.С. Лугиня, Н.Ю. Малькова, А.В. Морозов, Е.Н. Никулин, С.Ю. Страхов, А.В. Федин, А.В. Чугреев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 520 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87570>.
5. Лазеры: применения и приложения [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Борейшо [и др.] ; под ред. А. С. Борейшо. М.Ю. Ильин, А.А. Ким, И.А. Киселев, Д.В. Клочков, М.А. Коняев, Л.Б. Кочин, В.С.

- Лугиня, Н.Ю. Малькова, А.В. Морозов, Е.Н. Никулин, С.Ю. Страхов, А.В. Федин, А.В. Чугреев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 520 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87570>.
6. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов — 2. В 2 т. Т.2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / под ред. В.М. Батенина. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 616 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59615>.
7. П.Г. Крюков Фемтосекундные импульсы, М.:Физматлит, 2008 г., 208 стр., ISBN: 978-5-9221-0941-3
8. О. Звелто Принципы лазеров пер. с англ. Д. Н. Козлова [и др.]. Санкт-Петербург : Лань, 2008. 719 с. Режим доступа: научная библиотека ДВФУ. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:265786&theme=FEFU>

**Дополнительная литература**  
(электронные и печатные издания)

1. Ярив А. Квантовая электроника. М.: Советское радио, 1980.
2. Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1983.
3. М. Янг Оптика и лазеры, включая волоконную оптику и оптические волноводы Мир, 2005 г., 544 стр. ISBN 5-03-003457-9;

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет»**

1. Научная библиотека ДВФУ.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:326565&theme=FEFU>
2. Научная библиотека ДВФУ.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:378524&theme=FEFU>
3. Научная библиотека ДВФУ.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:340712&theme=FEFU>
4. Научная библиотека ДВФУ.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:61623&theme=FEFU>

5. Научная библиотека ДВФУ.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:679196&theme=FEFU>
6. <http://www.physbook.ru/>
7. <https://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
8. <https://www.photonics.com/>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. При подготовке к занятиям студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, а также справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

При промежуточной аттестации до экзамена должны сдать все отчетные работы и получить допуск к экзамену.

## **VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитория для чтения лекций и проведения практических занятий:  
персональный компьютер Lenovo ThinkPad E125 с лицензионным и свободным программным обеспечением – MS PowerPoint 2007 и Acrobat Reader XI;

проектор Benq MP770;

переносной экран.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	2 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
2	4 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
3	6 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
4	8 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
5	10 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
6	12 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
7	14 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	1 час	Работа на практических занятиях
8	16 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	2 час	Работа на практических занятиях
9	18 неделя	Подготовка к семинарским занятиям	2 час	Работа на практических занятиях

### Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

#### Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

#### Работа с литературными источниками

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому

раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.
3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).
4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Работа на практических занятиях.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ИНСТИТУТ НАУКОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Физика лазеров и нелинейная оптика»**  
**Направление подготовки 03.03.02 Физика**  
Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2022**

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики, а также стандартные программные средства компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин	Знает	<ul style="list-style-type: none"><li>- предпосылки создания лазерной физики;</li><li>- математический аппарат лазерной физики;</li><li>- основные принципы лазерной физики;</li><li>- основные типы лазеров, принципы их работы и основные характеристики и свойства, области их применения;</li></ul>
	Умеет	<ul style="list-style-type: none"><li>- производить оценки основных параметров лазерных систем;</li><li>- применять теоретические знания к решению практических и научных задач;</li><li>- излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.</li></ul>
	Владеет	<ul style="list-style-type: none"><li>- навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;</li><li>- методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач.</li></ul>



№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Принципы работы лазеров	ПК-1	знает: предпосылки создания лазерной физики, основные физические принципы работы лазеров; умеет: излагать, понимать и критически анализировать информацию; владеет: методологией использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач;	Контрольная работа	Экзамен, вопросы № 1 - 10
2	Раздел 2. Типы лазеров и их свойства	ПК-1	знает: основные типы лазеров, принципы их работы и основные характеристики и свойства, области их применения; умеет: производить оценки основных параметров лазерных систем; владеет: навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Контрольная работа. Работа на семинарских занятиях	Экзамен, вопросы № 10 - 26

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	знает (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- предпосылки создания лазерной физики,</li> <li>- основные физические принципы работы лазеров;</li> <li>- основные типы лазеров, принципы их работы и основные характеристики и свойства, области их применения</li> </ul>	Знание математического аппарата физики лазеров, основных принципов физики лазеров.	Способность перечислить и раскрыть суть основных принципов физики лазеров и лазерных систем.	45-64
	умеет (продвинутой)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- производить оценки основных параметров лазерных систем;</li> <li>- применять теоретические знания к решению практических и научных задач;</li> <li>- излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.</li> </ul>	Умение производить оценки основных параметров лазерных систем.	Способность применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.	65-84
	владеет (высокий)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельной работы с учебной и научной литературой;</li> <li>- использования базовых теоретических знаний в области естественных наук при решении профессиональных задач.</li> </ul>	Владение навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; использования базовых теоретических знаний в области лазерной физики при решении профессиональных задач.	Способность самостоятельно работать с учебной и научной литературой; использовать базовые теоретические знания в области лазерной физики при решении профессиональных задач.	85-100

**Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины и позволяет определить качество и уровень ее освоения. Предметом оценки освоения являются умения и знания.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена и позволяет определить развитие общих компетенций, предусмотренных для ОПОП. Условием допуска к экзамену является успешное освоение обучающимися всех элементов дисциплины (выполнение и сдача всех контрольных работ).

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины, овладению общими компетенциями..

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ по дисциплине «Физика лазеров и нелинейная оптика»**

1. Определение КЭ. Индуцированные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения.
2. Свойства лазерных пучков. Принцип работы лазера.
3. Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Однородное уширение.
4. Неоднородное уширение. Гауссова форма линии при доплеровском уширении.
5. Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.
6. Лазеры-усилители. Непрерывное и импульсное излучение.
7. Генерация излучения. Добротность резонатора. Условие энергетического самовозбуждения резонатора Фабри-Перо.
8. Баланс фаз, выходная мощность лазерных генераторов.
9. Резонаторы. Моды резонатора. Разности частот между продольными и поперечными модами. Распределение интенсивности нулевой моды в плоско-параллельном резонаторе.
10. Виды резонаторов, методы селекции мод. Импульсная генерация: режим свободной генерации, режим модуляции добротности.
11. Газовые лазеры, особенности и следствия газообразной активной среды. Способы накачки.
12. Гелий-неоновый лазер. Упрощенная схема уровней, длины волн генерации, ширина линии, выходная мощность.

13. Аргонный лазер. Схема накачки, упрощенная схема уровней, длина волны генерации, выходная мощность. Особенности конструкции лазера. Области применения лазера.
14. Гелий-кадмиевый лазер. Схема накачки (пеннинговская ионизация), упрощенная схема уровней, длина волны генерации, выходная мощность. Особенности конструкции лазера, области применения.
15. КПД газоразрядных лазеров. Непрерывный и импульсный режимы.
16. Лазер на парах меди. Упрощенная схема уровней, способ накачки, длины волн излучения, длительность импульса, частота повторения импульсов. Выходная мощность, КПД.
17. Рубиновый лазер. Упрощенная схема уровней, длины волн излучения. Ширина спектральных линий.
18. Устройство и принцип действия рубинового лазера. Режим свободной генерации, модуляция добротности, непрерывный режим. Выходная мощность для различных режимов.
19. Твердотельные лазеры с активными веществами на основе редкоземельных элементов. Основные достоинства. Nd:YAG лазер. Упрощенная схема уровней, способ накачки, длины волн излучения, длительность импульса (модуляция добротности). Области применения.
20. Полупроводниковые лазеры. Основные достоинства и недостатки. Принцип работы лазера. GaAs лазер с широким p-n гомопереходом.
21. Лазеры на основе двойного гетероперехода. Резонатор полупроводникового лазера. РОС лазеры.
22. Лазеры с распределенными брэгговскими отражателями. VCSEL лазер.
23. Волоконные лазеры.
24. Генерация ультракоротких импульсов.
25. Усиление ультракоротких импульсов.
26. Генерация второй гармоники.

### **Критерии оценки на экзамене по дисциплине «Физика лазеров»**

Оценка **«отлично»** ставится, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка **«хорошо»** ставится, если ответ обнаруживает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры;

свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

## **Комплект заданий для контрольной работы**

### **Тема 1. Принципы работы лазеров**

#### **Вариант 1.. Коэффициенты Эйнштейна**

Определение физики лазеров. Индуцированные и спонтанные переходы, коэффициенты Эйнштейна. Свойства индуцированного излучения.

#### **Вариант 2. Ширина линии**

Естественное время жизни, ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Однородное и неоднородное уширения. Гауссова форма линии при доплеровском уширении

#### **Вариант 3. Усиление**

Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Эффект насыщения.

#### **Вариант 4. Лазеры усилители**

Усиление и генерация. Полоса пропускания усилителя бегущей волны. Шум квантового усилителя. Максимальная выходная мощность. Импульсный режим, максимальная выходная энергия, изменение формы импульса при нелинейном усилении.

#### **Вариант 5. Генерация излучения**

Открытый резонатор, его добротность. Регенерация резонатора при усилении. Пролодной резонаторный усилитель. Отражательный усилитель. Условия самовозбуждения. Условия резонанса. Частота генерации. Максимальная выходная мощность.

### **Вариант 6. Оптические резонаторы**

Открытые резонаторы, прореживание спектра. Число Френеля. Моды. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери. Метод Фокса и Ли. Интегральное уравнение открытого резонатора. Конфокальный резонатор. Распределение поля.

### **Тема 2. Типы лазеров и их свойства**

#### **Вариант 1. Газовые лазеры**

Свойства и особенности газообразных сред. Гелий-неоновый лазер, схема уровней, мощность и ширина линии излучения.

#### **Вариант 2. Ионные лазеры, лазеры на парах металлов (2 часа)**

Аргонный лазер. Двухступенчатое возбуждение. Зависимость от плотности тока разряда. Условие инверсии. Эффект перекачки газа в разряде. Гелий-кадмиевый лазер. Пеннинговский механизм ионизации и возбуждения. КПД газоразрядных лазеров. Самоограниченные переходы. КПД, энергия, мощность лазеров на самоограниченных переходах. Медный лазер, схема уровней, параметры лазера.

#### **Вариант 3. Твердотельные лазеры**

Рубиновый лазер, Nd:YAG лазер.

#### **Вариант 4. Полупроводниковые лазеры**

Лазеры на гомо- и гетеропереходах. Лазеры с распределенной обратной связью, РБО лазеры, перестраиваемые лазеры.

#### **Вариант 5. CO<sub>2</sub> лазеры**

Непрерывная генерация, ТЕА CO<sub>2</sub> лазеры

#### **Вариант 6. Лазеры сверхкоротких импульсов**

Титан-сапфировый лазер. Генерация и усиление ультракоротких импульсов.

### **Критерии оценки выполнения контрольной работы**

Отметка "Отлично"

Верно выполнено более 85% заданий.

Отметка "Хорошо"

Верно выполнено 75-85% заданий.

Отметка "Удовлетворительно"

Верно выполнено 60-75% заданий.

Отметка "Неудовлетворительно"

Верно выполнено менее 60% заданий.

## **Аннотация дисциплины**

### **«Физика лазеров и нелинейная оптика»**

Курс « Физика лазеров и нелинейная оптика» предназначен для студентов 3 курса очной формы обучения направления подготовки 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная и прикладная физика (совместно с НИУ ВШЭ, г. Москва)».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 часов), практические занятия (34 часа), самостоятельная работа (38 часов). Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре.

Дисциплина « Физика лазеров и нелинейная оптика» относится к вариативной части образовательной программы, дисциплины по выбору.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах общей физики, «Математическом анализе», «Электричество и магнетизм», «Атомной физике».

В курсе «Физика лазеров и нелинейная оптика» рассматриваются физические основы лазерной физики и квантовой электроники, вопросы генерации вынужденного излучения и применение эйнштейновской теории излучения к термодинамически неравновесным системам с дискретными уровнями энергии. Излагаются основные сведения о принципах работы распространенных лазерных систем и их применении для решения различного круга прикладных задач, рассматриваются физические основы нелинейной оптики.

**Цель** изучения дисциплины – приобретение систематизированных знаний по физике лазеров и нелинейной оптике.

#### **Задачи:**

- изучение физических основ физики лазеров;
- изучение основных принципов работы распространенных лазерных систем;
- приобретение навыков решения задач по дисциплине физики лазеров.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики, а также стандартные программные средства компьютерного моделирования для освоения профильных физических дисциплин	ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.

3.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Анализирует способы определения видов и типов профессиональных задач, структурирования задач различных групп.	Знает методики построения физических и математических моделей процессов и явлений в фундаментальной и прикладной физике.
	Умеет строить физические и математические модели узлов, блоков, устройств, установок электроники и наноэлектроники.
	Владеет навыками построения физических и математических моделей процессов и явлений в фундаментальной и прикладной физике.