

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 10.06.2022 11:41:55  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a345c1ba

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

**Факультет физико-математических и естественных наук  
Научно-образовательный институт физических исследований и технологий**  
(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физика лазеров**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**03.04.02 Физика**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**«Фундаментальная и прикладная физика»**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2022 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Физика лазеров» является приобретение студентами знаний по свойствам активных сред мазеров и лазеров, приобретение практических навыков в исследовании некоторых свойств таких сред методами радиоспектроскопии, приобретение опыта работы с лазерами и с лазерным излучением. Задачей курса является более детальное изучение особенностей принципа действия, конструкции и свойств излучения основных типов лазеров.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Физика лазеров» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;
		ПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Физика лазеров» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Физика лазеров».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта		Релятивистская электроника Физика газовых разрядов Научно-исследовательская работа преддипломная практика

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физика лазеров» составляет **4** зачетных единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54	54			-
Лекции (ЛК)	36	36			-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18	18			-
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	63	63			-
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27	27	-	-	-
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>		-
	зач.ед.	<b>4</b>	<b>4</b>		-

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Введение – основные свойства квантовых излучательных и	Квантование внутренней энергии атомов и молекул. Разрешенные и запрещенные излучательные переходы. Метастабильные	ЛК

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
безызлучательных переходов	<p>энергетические состояния. Систематика обозначений электронных состояний и спектральных термов. Квантовые излучательные и безызлучательные переходы. Вероятность перехода. Индуцированные и спонтанные излучательные переходы. Сечение перехода. Населенности энергетических уровней. Распределение Больцмана. Инверсия населенностей энергетических уровней. Усиление света при индуцированных переходах в среде с инверсной населенностью, эффективное сечение перехода.</p>	
Основные свойства активных сред лазеров	<p>Явления излучательной и безызлучательной релаксации. Время релаксации. Форма и ширина спектральной линии активной среды. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Причины, приводящие к однородному уширению спектральных линий. Причины, приводящие к неоднородному уширению спектральных линий. Доплеровская форма спектральной линии. Коэффициенты Эйнштейна. Связь эффективного сечения перехода и коэффициента усиления со спонтанным временем жизни частицы. Коэффициент усиления и поглощения среды при индуцированных переходах.</p> <p>Эффект насыщения в среде при ее взаимодействии с электромагнитным полем. Влияние эффекта насыщения на форму спектральных линий при однородном и неоднородном уширении. Усиление бегущих волн с учетом эффекта насыщения. Просветление поглощающих сред при эффекте насыщения. Люминесценция активной среды. Квантовый выход люминесценции среды. Усиление спонтанного излучения в активной среде. Накачка - как основной метод создания инверсной населенности в активной среде лазера. Основные методы накачки в твердотельных, жидких и газовых активных средах. Зависимость разности населенностей от времени при включении и выключении накачки. КПД накачки. Основные требования, предъявляемые к активным средам лазеров</p>	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Свойства открытых оптических резонаторов	<p>Открытый оптический резонатор лазера с плоскими зеркалами. Продольные и поперечные моды резонатора, частотный спектр мод. Поперечные распределения амплитуд полей продольных и поперечных мод в резонаторах с плоскими зеркалами прямоугольной и круглой формы. характеристическое время затухания энергии поля и добротность мод резонатора. Оценка добротности продольных мод резонатора с учетом потерь энергии поля: в отражающих покрытиях зеркал, за счет дифракции света на краях зеркал, вследствие затухания света в активной среде, за счет непараллельности зеркал. Резонаторы со сферическими зеркалами: конфокальные, полуконфокальные. Отражающие покрытия зеркал резонаторов: металлические, многослойные диэлектрические. Брэгговские отражатели на основе периодических дифракционных структур.</p>	ЛК
Основы теории лазеров	<p>Особенности обеспечения положительной обратной связи в лазерах. Условие самовозбуждения лазера. Кинетические уравнения лазера. Стационарный и нестационарный режимы генерации лазера. Плотность энергии поля в резонаторе и выходная мощность генерации при стационарной работе лазера.</p> <p>Оптимальная связь лазера с внешним пространством. Спектр генерации лазера. Одномодовый и одночастотный режимы генерации. Методы селекции генерирующих мод и генерирующих переходов.</p> <p>Лазеры с насыщающимся поглотителем внутри резонатора, их кинетические уравнения. Жесткий режим самовозбуждения и бистабильность лазеров с насыщающимся поглотителем. Лазеры под воздействием внешнего излучения. Явление захватывания частоты генерации лазера. Лэмбовский провал в газовом лазере. Стабилизация частоты газового лазера по Лэмбовскому провалу, лазерные стандарты частоты.</p> <p>Синхронизация мод в лазерах. Методы синхронизации мод, Получение</p>	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	<p>сверхкоротких когерентных оптических импульсов.</p> <p>Нестационарные режимы генерации лазера при изменении параметров лазера. Релаксационные колебания амплитуды при скачкообразном включении накачки. Генерация лазера при модуляции добротности резонатора. Мощность импульса генерации при модуляции добротности. Методы модуляции добротности.</p>	
<p>Конструкции и особенности работы наиболее употребительных лазеров, их основные параметры</p>	<p>Твердотельные лазеры. Активные среды для твердотельных лазеров с оптической накачкой: трех- и четырехуровневая схемы работы активных сред твердотельных лазеров. Конструктивные особенности твердотельных лазеров с оптической накачкой и характеристики излучения основных типов твердотельных лазеров: рубинового, неодимового, титан-сапфирового. Пороговая мощность оптической накачки. Особенности работы твердотельного лазера в импульсном и непрерывном режимах. Конструктивные особенности и свойства излучения твердотельного лазера с модуляцией добротности резонатора.</p> <p>Газовые лазеры. Основные процессы в электрическом разряде при создании инверсной населенности в газах. Схемы уровней, основные характеристики и конструкции наиболее употребительных газовых лазеров: гелий-неонового, аргонового, лазеров на парах металлов. Схема уровней, основные характеристики и особенности конструкции лазера на углекислом газе. Газодинамические лазеры на углекислом газе. Эксимерные лазеры.</p> <p>Жидкостные лазеры на растворах органических красителей.</p> <p>Полупроводниковые лазеры. Зонная структура полупроводника. Условие получения усиления в полупроводнике за счет рекомбинационных переходов. Способы получения состояния вырождения в полупроводниках. Оптическая и электронная накачка полупроводников. Метод инжекции неравновесных носителей – как способ накачки. Зонная структура, устройство и</p>	<p>ЛК, СЗ</p>

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	<p>основные характеристики простейшего инжекционного лазера. Квантование энергии электронов и плотность электронных состояний в одномерной, двухмерной и трехмерной потенциальной (квантовой) яме. Зонная структура современных полупроводниковых лазеров на основе двойной гетероструктуры с одномерными квантовыми ямами.</p> <p>Особенности конструкции современных полосковых инжекционных гетеролазеров и их основные характеристики. Скоростные уравнения и условие самовозбуждения инжекционного гетеролазера. Особенности инжекционных лазеров на основе гетероструктур с «квантовыми нитями» и «квантовыми точками». Эпитаксиальная технология изготовления лазерных гетероструктур. Технология изготовления инжекционных полосковых лазеров. Полупроводниковые лазеры с брэгговскими отражателями. Инжекционные микролазеры с насыщающимся поглотителем. Инжекционные микролазеры с вертикальным резонатором. Двухмерные матрицы микролазеров, их конструкция и характеристики. Инжекционные микролазеры на основе «квантовых точек». Перспективы использования трехмерных периодических структур типа «фотонных кристаллов» для создания полупроводниковых микролазеров.</p>	

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами	

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
	мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Основная литература:*

1. Реутов А.Т. Курс лекций «Физика лазеров» ч. 1, "Основные свойства активных сред лазеров". РУДН, 2006.
2. Реутов А.Т. Курс лекций «Физика лазеров» (части 2, 3, 4 в электронном виде).
3. Реутов А.Т. Курс лекций «Квантовая электроника», часть 3 «Нелинейная оптика», РУДН, 2008.
4. Реутов А.Т. Курс лекций «Квантовая электроника», части 1 и 2 (в электронном виде).
5. Звелто О. Принципы лазеров [Текст]: Монография / Пер. с англ. Д.Н.Козлова. Под ред. Т.А. Шмаонова. – 4-е изд. – СПб.: Лань, 2008. – 720 с.

### *Дополнительная литература:*

1. Незлин М.В. Динамика пучков в плазме. М.: Энергоатомиздат, 1982.-218 с.
2. Миллер1. Реутов А.Т. Курс лекций «Физика лазеров» ч. 1, "Основные свойства активных сред лазеров". РУДН, 2006.
3. 5. Звелто О. Принципы лазеров [Текст]: Монография / Пер. с англ. Д.Н.Козлова. Под ред. Т.А. Шмаонова. – 4-е изд. – СПб.: Лань, 2008. – 720 с.
4. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М.: Наука, 1988. 336 с.

5. Ярив А. Квантовая электроника и нелинейная оптика. М.: Советское радио, 1980. 488
6. Страховский Г.М., Успенский А.В. Основы квантовой электроники. М.: Высшая школа, 1979. 330 с.
7. Мэйтланд А., Дан М. Введение в физику лазеров. М.: Наука, 1978. 408 с.
8. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976. 926 с.
9. Качмарек Ф. Введение в физику лазеров. М.: Мир, 1981. 540 с.
10. Р. Введение в физику сильноточных пучков заряженных частиц. М. "Мир" 1984. 432 с.
11. Бугаев С. П., Канавец В. И., Кошелев В. И., Черепенин В. А. Релятивистские многоволновые СВЧ-генераторы – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991.– 296 с.
12. Кузелев М.В., Рухадзе А.А., Стрелков П.С.. Плазменная релятивистская СВЧ-электроника: Учеб. пособие/ Москва: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 543 с.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>

- реферативная база данных SCOPUS  
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

Учебные пособия:

1. Реутов А.Т. Курс лекций «Физика лазеров» ч. 1, "Основные свойства активных сред лазеров". РУДН, 2006.
2. Реутов А.Т. Курс лекций «Физика лазеров» (части 2, 3, 4 в электронном виде).
3. Реутов А.Т. Курс лекций «Квантовая электроника», часть 3 «Нелинейная оптика», РУДН, 2008.

4. Реутов А.Т. Курс лекций «Квантовая электроника», части 1 и 2 (в электронном виде).

\*

- все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины в ТУИС!

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Физика лазеров» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент, ИФИТ



Николаев Н.Э.

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП

\_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Директор ИФИТ



Лоза О.Т.

\_\_\_\_\_  
Наименование БУП

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Директор ИФИТ



Лоза О.Т.

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП

\_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.