

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ястребов Олег Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 16.05.2024 12:11:27

Уникальный программный ключ:

sa953a01204891083f939673076ef1a98bae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

**«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

**Факультет физико-математических и естественных наук**

(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)

2024 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Физика лазеров» входит в программу магистратуры «Фундаментальная и прикладная физика» по направлению 03.04.02 «Физика» и изучается в 1 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Научно-образовательный институт физических исследований и технологий. Дисциплина состоит из 5 разделов и 19 тем и направлена на изучение особенностей принципа действия, конструкции и свойств излучения основных типов лазеров.

Целью освоения дисциплины 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 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования 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		Научно -исследовательская работа; Преддипломная практика;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта		Математические методы в физике; <i>Физика газовых разрядов**</i> ; <i>Классическая и квантовая теория поля**</i> ; <i>Теория элементарных частиц и кварков**</i> ; <i>Сильноточная релятивистская электроника**</i> ;

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

\*\* - элективные дисциплины /практики

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

Общая трудоемкость дисциплины «Физика лазеров» составляет «4» зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54		54
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18		18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	72		72
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	18		18
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>зач.ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Введение – основные свойства квантовых излучательных и безызлучательных переходов	1.1	Квантование внутренней энергии атомов и молекул. Разрешенные и запрещенные излучательные переходы. Метастабильные энергетические состояния. Систематика обозначений электронных состояний и спектральных термов.	ЛК, СЗ
		1.2	Квантовые излучательные и безызлучательные переходы. Вероятность перехода. Индуцированные и спонтанные излучательные переходы. Сечение перехода. Населенности энергетических уровней.	ЛК, СЗ
		1.3	Распределение Больцмана. Инверсия населенностей энергетических уровней. Усиление света при индуцированных переходах в среде с инверсной населенностью, эффективное сечение перехода.	ЛК, СЗ
Раздел 2	Основные свойства активных сред лазеров	2.1	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.	ЛК, СЗ
		2.2	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.	ЛК, СЗ
		2.3	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. ¶Эффект насыщения в среде при ее взаимодействии с	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			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¶	
Раздел 3	Свойства открытых оптических резонаторов	3.1	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.	ЛК, СЗ
		3.2	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.	ЛК
		3.3	Резонаторы со сферическими зеркалами: конфокальные, полуконфокальные. Отражающие покрытия зеркал резонаторов: металлические, многослойные диэлектрические. Брэгговские отражатели на основе периодических дифракционных структур.	ЛК
Раздел 4	Основы теории лазеров	4.1	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.	ЛК, СЗ
		4.2	Оптимальная связь лазера с внешним пространством. Спектр генерации лазера. Одномодовый и одночастотный режимы генерации. Методы селекции генерирующих мод и генерирующих переходов.	ЛК, СЗ
		4.3	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	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			стандарты частоты.	
		4.4	Синхронизация мод в лазерах. Методы синхронизации мод, Получение сверхкоротких когерентных оптических импульсов.	ЛК
		4.5	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	ЛК, СЗ
Раздел 5	Конструкции и особенности работы наиболее употребительных лазеров, их основные параметры	5.1	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.	ЛК, СЗ
		5.2	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.	ЛК, СЗ
		5.3	Жидкостные лазеры на растворах органических красителей.	ЛК, СЗ
		5.4	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 основные характеристики простейшего инжекционного лазера. Квантование энергии электронов и плотность электронных состояний в одномерной, двумерной и трехмерной потенциальной (квантовой) яме. Зонная структура современных полупроводниковых лазеров на основе двойной гетероструктуры с одномерными квантовыми ямами.	ЛК, СЗ
		5.5	Особенности конструкции современных полосковых инжекционных гетеролазеров и их основные характеристики. Скоростные уравнения и условие самовозбуждения инжекционного гетеролазера. Особенности инжекционных лазеров на основе	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			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.	

\* - 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 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	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», части 1 и 2 (в электронном виде).
4. 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.

*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 «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\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Физика лазеров».

- Реутов А.Т. Курс лекций «Физика лазеров» ч. 1, "Основные свойства активных сред лазеров". РУДН, 2006.

\* - 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.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент

*Должность, БУП*

*Подпись*

Николаев Николай

Эдуардович

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

И.о. директора ИФИТ

*Должность БУП*

*Подпись*

Кравченко Николай

Юрьевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор

*Должность, БУП*

*Подпись*

Лоза Олег Тимофеевич

*Фамилия И.О.*