МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов

Кафедра электроники и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе
_____ Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика лазеров
(наименование дисциплины)

1.3.19 Лазерная физика
(шифры научных специальностей, наименование научных специальностей)

Квалификация –

Форма обучения очная

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью освоения дисциплины является формирование у аспирантов современного представления об основных физических процессах, происходящих при генерации и усилении лазерного излучения, и о методах управления его пространственными, временными и спектральными параметрами.

Задачи изучения дисциплины:

– углубить и систематизировать фундаментальные знания аспирантов основных разделов физики лазеров с учетом новейших научных достижений;

– расширить представления аспирантов о физической сути, методах описания и способах экспериментальной реализации различных режимов работы лазера;

– подготовить аспирантов к использованию полученных знаний при осуществлении собственных исследований в области физики лазеров.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина «Физика лазеров» относится к Дисциплинам (модулям), в том числе направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена Блока 2 «Образовательный компонент» образовательной программы, направлена на формирование высокого уровня теоретической и профессиональной подготовки по специальности 1.3.19 «Лазерная физика» подготовки научных и научно-педагогических кадров в ФГБОУ ВО «ДонГТУ». Она помогает освоить общие концепции физики лазеров, глубоко понять основные разделы этой науки и научиться применять полученные знания для решения исследовательских и прикладных задач.

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин, изученных в результате освоения предшествующих программ специалитета и магистратуры, Педагогическая практика, Производственная практика (научно-исследовательская работа).

Является основой для изучения следующих дисциплин: Научная деятельность аспиранта, направленная на выполнение диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, а также направлена на формирование компетенций по умению использовать знания в различных сферах научной деятельности, способности самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа аспиранта (108 ак. ч.). Дисциплина изучается во 1 семестре.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		1
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа аспиранта, в том числе:	108	108
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание (индивидуальное задание)	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	9	9
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	18	18
Подготовка к экзамену	36	36
Промежуточная аттестация – экзамен	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	180	180
з.е.	5	5

4 Содержание дисциплины

Дисциплина разбита на 10 разделов:

– раздел 1 (Введение в лазерную физику);

– раздел 2 (Линия перехода. Уширение спектральных линий);

– раздел 3 (Когерентное усиление излучения);

– раздел 4 (Открытые резонаторы);

– раздел 5 (Стационарная генерация);

– раздел 6 (Уравнения для разности населенностей и интенсивности в резонаторе);

– раздел 7 (Модуляция добротности);

– раздел 8 (Синхронизация мод и ультракороткие лазерные импульсы);

– раздел 9 (Селекция мод);

– раздел 10 (Типы лазеров).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1-й семестр							
1	Введение в лазерную физику	Место лазеров в современном мире. Основные понятия. Переходы в атоме под действием электромагнитного излучения. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.	4	Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.	4	-	-
2	Линия перехода. Уширение спектральных линий	Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Механизмы уширения и форма спектральных линий.	2	Механизмы уширения и форма спектральных линий.	2	-	-
3	Когерентное усиление излучения	Сечение перехода. Инверсия заселенностей. Активная среда. Накачка. Усиление излучения. Эффект насыщения усиления и поглощения. Интенсивность насыщения. Коэффициент усиления непрерывного усилителя. Коэффициент усиления импульсного усилителя. Формула Франца-Нодвига. Многопроходные усилители	4	Коэффициент усиления импульсного усилителя. Формула Франца-Нодвига.	4	-	-
4	Открытые резонаторы	Понятие об открытом резонаторе. Сходство и различие интерферометра Фабри-Перо и лазерного резонатора. Основные положения теории Фокса и Ли. Условие устойчивости резонатора. Резонатор с плоскими зеркалами, конфокальный резонатор. Гауссов пучок в свободном пространстве и в резонаторе с вогнутыми зеркалами. Продольные моды резонатора. Поляризационные моды резонатора. Кольцевой резонатор и его особенности.	4	Основные положения теории Фокса и Ли. Условие устойчивости резонатора.	4	-	-

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
5	Стационарная генерация	Условие самовозбуждения открытого резонатора. Порог генерации. Стационарная генерация. Оптимальный коэффициент отражения зеркала (резонатор Фабри-Перо и кольцевой резонатор).	2	Условие самовозбуждения открытого резонатора. Порог генерации.	2	-	-
6	Уравнения для разности населенностей и интенсивности в резонаторе	Уравнение для разности населенностей для 3-х-уровневой и 4-х-уровневой модели. Выходная мощность непрерывного генератора. Уравнение для интенсивности поля в резонаторе. Время установления стационарного режима и релаксационная частота для 3х-уровневой и 4х-уровневой модели. Свободная генерация.	4	Уравнение для разности населенностей для 3-х-уровневой и 4-х-уровневой модели.	4	-	-
7	Модуляция добротности	Модуляция добротности: идея, уравнения, оптимальный коэффициент отражения выходного зеркала, длительность импульса. Методы реализации модуляции добротности: насыщающийся поглотитель, вращающееся зеркало, электрооптический модулятор, акустооптический модулятор, ОВФ-зеркало.	4	Методы реализации модуляции добротности.	4	-	-
8	Синхронизация мод и ультракороткие лазерные импульсы	Генерация на двух и более продольных модах. Синхронизация мод: идея, уравнения, параметры выходного излучения. Методы синхронизации мод: насыщающийся поглотитель, электрооптический модулятор, акустооптический модулятор, керровская линза. Ультракороткие лазерные импульсы: генерация, усиление, диагностика.	4	Ультракороткие лазерные импульсы: генерация, усиление, диагностика.	4	-	-
9	Селекция мод	Селекция продольных, поперечных, поляризационных мод в резонаторе: принципы и	4	Селекция продольных, поперечных, поляризационных	4	-	-

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		методы экспериментальной реализации. Подавление двунаправленной генерации в кольцевом резонаторе. Взаимные и невзаимные оптические элементы.		мод в резонаторе: принципы и методы экспериментальной реализации			
10	Типы лазеров	Газовые лазеры (в том числе атомарные, ионные, молекулярные, химические, фотодиссоционные, эксимерные и т.д.). Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на свободных электронах.	4	Типы лазеров	4	-	-
Всего аудиторных часов за 1-й семестр			36	36		-	
Всего аудиторных часов за семестр			36	36		-	

5 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Всего по текущей работе в семестре аспирант может набрать 100 баллов, в том числе:

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 60 баллов;

– за выполнение практических работ – всего 40 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если аспирант набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает аспиранта, во время экзамена аспирант имеет право повысить итоговую оценку. Экзамен по дисциплине проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже, либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

5.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания обучающиеся выполняют:

– проработка лекционного материала;

– выполнение практических заданий.

5.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

1. Дайте определение лазера. Чем он отличается от обычного источника света?
2. Опишите процесс вынужденного излучения. Как он связан с работой лазера?
3. Что такое инверсная заселенность уровней? Почему она необходима для генерации лазерного излучения?
4. Объясните принцип работы трехуровневой и четырехуровневой лазерных систем. Какая из них эффективнее и почему?
5. Что такое оптический резонатор? Какие типы резонаторов используются в лазерах?
6. Перечислите основные типы лазеров (газовые, твердотельные, полупроводниковые, жидкостные). В чем их ключевые различия?
7. Опишите принцип работы гелий-неонового (He-Ne) лазера. Какая длина волны у его излучения?
8. Как работает Nd:YAG-лазер? Каковы его основные применения?
9. В чем особенность полупроводниковых лазеров (лазерных диодов)? Где они применяются?
10. Что такое эксимерные лазеры? Какие газы используются в их активной среде?
11. Что такое продольные и поперечные моды в лазере? Как они влияют на спектр излучения?
12. Объясните понятие добротности резонатора. Как она влияет на работу лазера?
13. Что такое «лазер с синхронизацией мод»? Какие типы импульсов он генерирует?
14. Как работает Q-переключатель в лазерах? Какие типы Q-переключения существуют?
15. Опишите принцип генерации сверхкоротких импульсов (фемтосекундные лазеры).

5.4 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Что такое коэффициент усиления активной среды? От чего он зависит?
2. Как определяется порог генерации лазера? Какие факторы на него влияют?

3. Опишите явление насыщения усиления в лазерах.
4. Что такое «лазерный пинч» (laser filamentation)? В каких условиях он возникает?
5. Как работает параметрический генератор света (OPO)?
6. Каковы основные применения лазеров в промышленности (резка, сварка, маркировка)?
7. Как лазеры используются в медицине (хирургия, косметология, диагностика)?
8. Опишите роль лазеров в оптической связи и телекоммуникациях.
9. Какие лазеры применяются в военной технике (лазерное наведение, системы ПРО)?
10. Как лазеры используются в научных исследованиях (спектроскопия, холодные атомы)?
11. Что такое нелинейная оптика? Какие нелинейные эффекты важны для лазеров?
12. Опишите процесс генерации второй гармоники (SHG). Где он применяется?
13. Что такое самофокусировка и дефокусировка лазерного пучка?
14. Как работает вынужденное комбинационное рассеяние (SRS)?
15. Что такое оптические солитоны в лазерных системах?
16. Как лазеры используются в спектроскопии поглощения и люминесценции?
17. Что такое LIDAR? Как он работает?
18. Опишите метод лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии (LIBS).
19. Как лазеры применяются в голографии?
20. Что такое оптические пинцеты? Как они работают?
21. Каковы последние достижения в области волоконных лазеров?
22. Что такое квантовые каскадные лазеры? Где они применяются?
23. Какие перспективы у терагерцовых лазеров?
24. Как развиваются лазеры на свободных электронах (ЛСЭ)?
25. Какие новые материалы используются для создания лазеров (например, перовскиты)?
26. Какие меры безопасности необходимы при работе с лазерами?
27. Как классифицируются лазеры по степени опасности (классы 1-4)?
28. Каковы основные методы измерения мощности и энергии лазерного излучения?
29. Как калибруются лазерные системы?

30. Какие нормативные документы регулируют использование лазеров в промышленности и медицине?

5.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Кириллов, Г. А. Пособие по физике лазеров: учебное пособие / Г. А. Кириллов, Н. Г. Захаров. - Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2020. - 236 с. - ISBN 978-5-9515-0453-1. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1230851 (дата обращения: 10.04.2023).

2. Антипенко, В. С. Лазеры и их применение. Часть 1: учебное пособие для студентов специальностей ИТТСУ, ИПСС / В. С. Антипенко, В. А. Никитенко; под ред. проф. В.П. Вороненко. - Москва: РУТ (МИИТ), 2020. - 112 с. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1895063 (дата обращения: 10.04.2023).

Дополнительная литература

1. Крюков, П. Г. Лазеры ультрокоротких импульсов и их применения: учебное пособие / П.Г. Крюков. - Долгопрудный: Интеллект, 2012, - 248 с. - ISBN 978-5-91559-091-4. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/365088 (дата обращения: 10.04.202).

2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Том 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория)/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под. ред. Л. П. Питаевского. - 6-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2016. - 800 с. - ISBN 978-5-9221-0530-9. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1223529 (дата обращения: 10.04.2023).

3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Том 5. Статистическая физика. Часть 1/ Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под. ред. Л. П. Питаевского. — 6-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. - 620 с. - ISBN 978-5-9221-1510-0. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1223531 (дата обращения: 10.04.2023).

6.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. — Алчевск. — URL: https://library.dontu.ru. — Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова: официальный сайт. — Белгород. — URL: http://ntb.bstu.ru/jirbis2/. — Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x. — Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст: электронный.

5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: http://www.iprbookshop.ru/. —Текст : электронный.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Аудитории для проведения лекционных и практических занятий, для самостоятельной работы: *Компьютерный класс* *Персональные компьютеры, локальная сеть с выходом в Internet, проектор Epson, мультимедийный экран*	ауд. *434* корп. *главный*
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: *Лаборатория физических измерений* *Лабораторная стенд «Твердотельный лазер», осциллограф, персональные ноутбуки.*	ауд. 421 корп. *главный*

Лист согласования РПД

Разработал
доцент кафедры
электроники и радиофизики _____ С.А. Юрьев
(подпись) (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики _____ А.М.Афанасьев
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания
кафедры электроники и радиофизики от 30.08.2024г.

Согласовано

Заведующий аспирантурой _____ М.А. Филатов
(подпись) (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра _____ О.А. Коваленко
(подпись) (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

<table>
<tr><td colspan="2">Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений</td></tr>
<tr><td>ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:</td><td>ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Основание:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Подпись лица, ответственного за внесение изменений</td></tr>
</table>