

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.1.1 Основы современной физики лазеров»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

03.04.02 Физика

(код и наименование направления подготовки)

Биохимическая и медицинская физика

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Год набора 2023

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.В.Э.1.1 Основы современной физики лазеров» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
наименование кафедры

протокол № 6 от "8" 02 2023.

Заведующий кафедрой
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
наименование кафедры подпись расшифровка подписи

Исполнители:
Профессор должность Летута С.Н. подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.04.02 Физика код наименование Берриш личная подпись Берришский В. расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы С.Н. Летута личная подпись расшифровка подписи

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
А.Д. личная подпись расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета А.Д. Стрекаловская личная подпись расшифровка подписи

№ регистрации _____

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Цель освоения дисциплины «Основы современной физики лазеров»: приобретение знаний в области медицинской физики, изучение характеристик приборов, применяемых в клинической практике, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности в РФ и за рубежом; формирование у студентов общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО подготовки магистров по направлению 03.04.02 «Физика».

Задачи:

- формирование у студентов современного представления об основных физических процессах, происходящих при генерации и усилении лазерного излучения, и о методах управления его пространственными, временными и спектральными параметрами;
- освоение аспирантами основных знаний о физической сути, методах описания и способах экспериментальной реализации различных режимов работы лазера (непрерывный режим, свободная генерация, модуляция добротности, синхронизация мод).

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.9 Физические основы современных медицинских технологий*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2-В-2 Формирует планграфик реализации проекта в целом и план контроля его выполнения	Знать: Знать наиболее перспективные и быстро развивающиеся направления разделов лазерной физики; основные нерешенные научные проблемы; недавние и планируемые новаторские эксперименты; а также активно действующие в рамках рассматриваемых тематик научные коллективы Уметь: формировать планграфик реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
ПК*-2 ПК-2 Способен проводить под научным руководством эксперименты с применением современного оборудования и	ПК*-2-В-1 Осознает ограничения используемой методологии, описывает, анализирует и критически оценивает экспериментальные	Знать: основные методы генерации, усиления и измерения излучения в непрерывном, импульсно-периодическом и других режимах работы лазера, а также основные подходы селекции мод Уметь: Уметь применять полученные знания для исследования путей высокоэффективной генерации и

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
проводить анализ научных данных	данные, делает обоснованные выводы	усиления излучения и возможности управления основными характеристиками лазерного излучения Владеть: Владеть современным уровнем научных исследований в лазерной физике, с учетом отечественного и зарубежного опыта

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Общая трудоёмкость	144	144
Контактная работа:	41,25	41,25
Лекции (Л)	8	8
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: <i>- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;</i> <i>- подготовка к практическим занятиям;</i> <i>- подготовка к рубежному контролю и т.п.)</i>	102,75	102,75
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	экзамен	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение в лазерную физику	14	0,5	3		10,5
2	Линия перехода. Уширение спектральных линий.	14	0,5	3		10,5
3	Когерентное усиление излучения	14	0,5	3		10,5
4	Открытые резонаторы	14	0,5	3		10,5
5	Стационарная генерация	14	1	3		10
6	Уравнения для разности населенностей уровней среды и интенсивности поля в резонаторе	14	1	3		10
7	Модуляция добротности	14	1	3		10
8	Селекция мод	14	1	3		10
9	Термооптика твердотельных лазеров	14	1	4		10
10	Типы лазеров	14	1	4		10
	Итого:	144	8	32		104
	Всего:	144	8	32		104

4.2 Содержание разделов дисциплины

Введение в лазерную физику. Что такое лазер. Место лазеров в современном мире. Основные понятия. Переходы в атоме под действием электромагнитного излучения. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.

Линия перехода. Уширение спектральных линий. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий. Механизмы уширения и форма спектральных линий.

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.

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.

Стационарная генерация. Условие самовозбуждения открытого резонатора. Порог генерации. Стационарная генерация. Оптимальный коэффициент отражения зеркала (резонатор Фабри-Перо и кольцевой резонатор).

Уравнения для разности населенностей уровней среды и интенсивности поля в резонаторе. Уравнение для разности населенностей для 3-х-урвневой и 4-х-урвневой модели. Выходная мощность непрерывного генератора. Уравнение для интенсивности поля в резонаторе. Время установления стационарного режима и релаксационная частота для 3хурвневой и 4х-урвневой модели. Свободная генерация.

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. 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.

Селекция мод. Селекция продольных, поперечных, поляризационных мод в резонаторе: принципы и методы экспериментальной реализации. Подавление двунаправленной генерации в кольцевом резонаторе. Взаимные и невзаимные оптические элементы.

Термооптика твердотельных лазеров. Источники тепла в лазерах. Основные тепловые эффекты в лазерах: тепловая линза, деполяризация, механическое разрушение. Параметры качества среды с точки зрения минимизации тепловых эффектов. Критерии оценки качества пучка. Методы подавления и компенсации тепловых эффектов. Понятие об импульснопериодическом режиме.

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.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Введение в лазерную физику	3
2	2	Линия перехода. Уширение спектральных линий.	3
3	3	Когерентное усиление излучения	3
4	4	Открытые резонаторы	3
5	5	Стационарная генерация	3
6	6	Уравнения для разности населенностей уровней среды и интенсивности поля в резонаторе	3
7	7	Модуляция добротности	3
7	8	Селекция мод	3
8	9	Термооптика твердотельных лазеров	4
8	10	Типы лазеров	4
		Итого:	32

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Летуа, С. Н. Курс физики. Оптика [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по инженерно-техническим направлениям подготовки / С. Н. Летуа, А. А. Чакак; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Физ. фак. - Оренбург : Университет, 2014. - 365 с. : ил.; 22,7 печ. л. - Библиогр.: с. 346-347. - Прил.: с. 348-364. - ISBN 978-5-4417-0434-2.
2. Иванов, И.Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / И.Г. Иванов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Физический факультет. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 174 с. - библиогр. с: С. 168-169. - ISBN 978-5-9275-0873-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241055>.

5.2 Дополнительная литература

1. Тучин, В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В.В. Тучин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2010. - 500 с. - ISBN 978-5-9221-1278-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75958>.
2. Малышев, В. А. Основы квантовой электроники и лазерной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Малышев . - М. : Высш. шк., 2005. - 543 с. : ил.. - Библиогр.: с. 536-539. - ISBN 5-06-004853-5.
3. Пихтин, А.Н. Оптическая и квантовая электроника [Текст] : учеб. для вузов / А.Н. Пихтин . - М. : Высш. шк., 2001. - 573 с. : ил. - ISBN 5-06-002703-1.
4. Звелто, О. Принципы лазеров = Principles of lasers [Текст] / О. Звелто ; пер. с англ. Д. Н. Козлова [и др.]; под науч. ред. Т. А. Шмаонова.- 4-е изд. - СПб. : Лань, 2008. - 720 с. : ил.. - (Учебные пособия для вузов. Специальная литература). - Парал. тит. л. англ. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 978-5-8114-0844-3
5. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика [Текст] / В. П. Вейко [и др.]. - М. : Физматлит, 2008. - 312 с. - Библиогр.: с. 307-308. - ISBN 978-5-9221-0934-5.

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.

2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
3. Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2017, 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

1. www.ph4s.ru - Физика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина, МИФИ.
2. <http://kvant.mccme.ru/> - Научно-популярный физико-математический журнал «Квант».
3. <http://www.physbook.ru/> - Электронные учебники и журналы по физике.
4. <https://openedu.ru/course/> - «Открытое образование», Каталог курсов, MOOK: «Квантовая физика».
5. <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index> - Журнал экспериментальной и теоретической физики.
6. <https://ufn.ru/> - Успехи физических наук : журнал.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, Outlook, Publisher, Access)
3. Приложение для создания диаграмм Microsoft Visio

Профессиональные базы данных

1. SCOPUS [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.
2. Springer [Электронный ресурс]: база данных научных книг, журналов, справочных материалов / компания Springer Customer Service Center GmbH . – Режим доступа : <https://link.springer.com/>, в локальной сети ОГУ.
3. Web of Science [Электронный ресурс]: реферативная база данных / компания Clarivate Analytics. – Режим доступа : <http://apps.webofknowledge.com/>, в локальной сети ОГУ.

Информационные справочные системы

1. Законодательство России [Электронный ресурс] : информационно-правовая система. – Режим доступа : <http://pravo.fso.gov.ru/ips/>, в локальной сети ОГУ.
2. Консультант Плюс [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / Компания Консультант Плюс. – Электрон. дан. – Москва, [1992–2016]. – Режим доступа : в локальной сети ОГУ <\\fileserver1\CONSULT\cons.exe>
3. Гарант [Электронный ресурс] : справочно-правовая система / НПП Гарант-Сервис. – Электрон. дан. - Москва, [1990–2016]. – Режим доступа <\\fileserver1\GarantClient\garant.exe> в локальной сети ОГУ.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.