Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»**

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 2026

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 № 7 от "17" 03 2026г.

Заведующий кафедрой
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния В.Л. Бердинский
*наименование кафедры* *подпись* *расшифровка подписи*

*Исполнители:*
профессор кафедры БФФКС С.Н. Летута
*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.04.02 Физика М.Г. Кучеренко
*код наименование* *личная подпись* *расшифровка подписи*

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

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
С.А. Биктимирова
*личная подпись* *расшифровка подписи*

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

№ регистрации _____

© Летута С.Н., 2026
© ОГУ, 2026

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:
**Цель (цели)** освоения дисциплины:
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:**<br>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<br>**Уметь:**<br>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 проводить анализ | ПК*-2-В-1 Осознает ограничения используемой методологии, описывает, анализирует и критически оценивает экспериментальные данные, делает | **Знать:**<br>основные методы генерации, усиления и измерения<br>излучения в непрерывном, импульсно-периодическом и других режимах работы лазера, а также основные подходы селекции мод<br>**Уметь:**<br>Уметь применять полученные знания для |

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| научных данных | обоснованные выводы | исследования путей высокоэффективной генерации и усиления излучения и возможности управления основными характеристиками лазерного излучения<br>**Владеть:**<br>Владеть современными 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:**<br>*- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*<br>*- подготовка к практическим занятиям;*<br>*- подготовка к рубежному контролю и т.п.)* | **102,75** | **102,75** |
| **Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)** | **экзамен** | |

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 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-уровневой и 4-х-уровневой модели. Выходная мощность непрерывного генератора. Уравнение для интенсивности поля в резонаторе. Время установления стационарного режима и релаксационная частота для 3хуровневой и 4х-уровневой 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, деполярищация, 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 |

| № занятия | № раздела | Тема | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 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. Летута, С. Курс физики : оптика : учебное пособие / С. Летута, А. Чакак ; Оренбургский государственный университет, Физический факультет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2014. – 364 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259245 (дата обращения: 21.04.2026). – Текст : электронный.
2. Иванов, И. Г. Основы квантовой электроники : учебное пособие / И. Г. Иванов ; Южный федеральный университет, Физический факультет. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2011. – 174 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241055 (дата обращения: 21.04.2026). – библиогр. с: С. 168-169 – ISBN 978-5-9275-0873-0. – Текст : электронный.


### 5.2 Дополнительная литература


1. Тучин, В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В. В. Тучин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Физматлит, 2010. – 500 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75958 (дата обращения: 21.04.2026). – ISBN 978-5-9221-1278-9. – Текст : электронный.
2. Взаимодействие лазерного излучения с веществом : учебное пособие / В. П. Вейко, М. Н. Либенсон, Г. Г. Червяков, Е. Б. Яковлев. – Москва : Физматлит, 2008. – 308 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68145 (дата обращения: 21.04.2026). – ISBN 978-5-9221-0934-5. – Текст : электронный.


### 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, МООК: «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 РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»
3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/..
4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru
5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

***Специализированное ПО, используемое при реализации образовательных программ ФизФ***

1. "Облако знаний.Школа", облачный сервис https://school.imumk.ru Договор от 21.12.2021 № СКАН_132/223-4.2.1.2/49 ООО "ФИЗИКОН ЛАБ" 5 лет (по 20.12.2026г)
2. "Виртуальный практикум по физике для вузов" облачный сервис https://school.imumk.ru Договор №281/57 от 15.12.2021 ООО "ФИЗИКОН ЛАБ"5 лет (по 15.12.2026г)

**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.