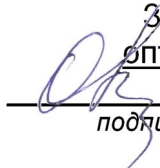


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
оптики и спектроскопии
 (Овчинников О.В.)
подпись, расшифровка подписи

24. 06. 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 Основы квантовой электроники и лазерной техники
Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:
12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки/ специализация/ магистерская программа:
Фотоника и оптоинформатика
3. Квалификация (степень) выпускника:
Высшее образование (бакалавр)
4. Форма образования: Очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:
кафедра оптики и спектроскопии
6. Составители программы: Смирнов Михаил Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент
7. Рекомендована: НМС физического ф-та ВГУ протокол № 6 от 23.06.2022
(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)
8. Учебный год: 2025/2026 Семестр(-ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются: познакомить студентов, обучающихся по направлению 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, с основами квантовой электроники, рассмотреть элементы оптических квантовых генераторов: активная среда, системы накачки, оптический резонатор, изучить режимы генерации, методы управления пространственными, временными характеристиками лазерного излучения, сформировать современное представление о возможностях применения лазерных систем в современной науке и технике.

Задачи учебной дисциплины:

- изучить этапы развития квантовой электроники, ее физические основы;
- сформировать знания о лазерах на твердом теле, лазерах на жидкостях, газовых лазерах, лазерах на полупроводниковых гетероструктурах;
- овладеть навыками управления характеристиками лазерного излучения.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

| Код | Название компетенции | Код(ы) | Индикатор(ы) | Планируемые результаты обучения |
|------|---|--------|--|---|
| ПК-1 | Способен оценивать условия и режимы эксплуатации разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов | ПК-1.1 | Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов | Знать: условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: согласовывать условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Владеть: навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов |
| | | ПК-1.2 | Определяет требования к параметрам разрабатываемой оплотехники | Знать: требования к параметрам разрабатываемой оплотехники. Уметь: определять требования к параметрам разрабатываемой оплотехники. Владеть: навыками определения требований к параметрам разрабатываемой оплотехники. |
| | | ПК-1.3 | Осуществляет поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналога разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов | Знать: принципы поиска научно-технической информации об изделиях аналога разрабатываемой оплотехники и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: анализировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт об изделиях аналогах. Владеть: навыками осуществления поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. |

| | | | | |
|------|--|--------|--|--|
| | | ПК-1.4 | Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оптоэлектронных приборов и комплексов | Знать: результаты разработки оптоэлектронных приборов и комплексов. Уметь: оформлять научно-технические отчеты о результатах разработки оптоэлектронных приборов и комплексов. Владеть: навыками оформления научно-технических отчетов. |
| ПК-4 | Способен внедрять технологические процессы производства и контроля качества оптоэлектронных приборов, комплексов и их составных частей | ПК-4.2 | Составляет технологические карты сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей | Знать: технологические карты сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей Уметь: составлять технологические карты сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей Владеть: навыками составления технологических карт сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей |
| | | ПК-4.4 | Вносит предложения о необходимости разработки новых технологий и приобретения нового оборудования для производства, сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей современной оптоэлектронной техники, оптических и оптоэлектронных приборов и комплексов | Знать: перечень оборудования, применяемого для производства, сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей современной оптоэлектронной техники, оптических и оптоэлектронных приборов и комплексов. Уметь: вносить предложения о необходимости разработки новых технологий и приобретения нового оборудования. Владеть: навыками работы с оборудованием, применяемым для производства, сборки, юстировки и контроля оптических, оптоэлектронных, механических блоков, узлов и деталей современной оптоэлектронной техники, оптических и оптоэлектронных приборов и комплексов. |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 10/360.

Форма промежуточной аттестации: зачёт, экзамен

13. Виды учебной работы:

| | | |
|--------------------|--------------|--------------|
| Вид учебной работы | Трудоемкость | |
| | Всего | По семестрам |
| | | № 7 |

| | | | |
|---|--------------|-----|----|
| Аудиторные занятия | 76 | 76 | |
| в том числе: | лекции | 52 | 52 |
| | практические | 38 | 38 |
| | лабораторные | 52 | 52 |
| Самостоятельная работа | 182 | 182 | |
| в том числе: курсовая работа (проект) | | | |
| Форма промежуточной аттестации экзамен | 36 | 36 | |
| Итого: | 360 | 360 | |

13.1 Содержание дисциплины:

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины |
|------------------|---|--|
| 1. Лекции | | |
| 1.1 | Этапы развития квантовой электроники. | Предмет квантовой электроники. Основные причины появления приборов квантовой электроники (мазеров, лазеров). Применение лазеров в связи, строительстве, машиностроении, приборостроении, сельском хозяйстве, военной технике. Историческая хронология достижений науки и техники, обеспечивающих создание квантовых приборов и развитие квантовой электроники. Структура лазеров и их классификация. |
| 1.2 | Физические основы квантовой электроники. | Обзор квантово-механических явлений, составляющих основу физики лазеров: поглощение, спонтанное и индуцированное излучения. Вероятности этих процессов. Излучательные и безызлучательные переходы в квантовых системах. Поглощение и усиление. Инверсия активной среды как необходимое условие генерации лазера. Ширина и форма спектральных линий, механизмы уширения. Инверсия населённости. Усиление в активных средах. Методы создания инверсной населённости. Механизмы заселения уровней. Механизмы очищения уровней. Трёх- и четырехуровневые схемы накачки. Определение коэффициента поглощения и усиления. Решение уравнения баланса. |
| 1.3 | Лазеры на твердом теле. | Спектр поглощения изолированных атомов и атомов в твердом теле. Процессы образования электронных зон. Активные среды. Тип матриц. Активаторы. Требования к активным средам. Метастабильный уровень. Рубин. Условия инверсной заселенности. Ниодимовая активная среда. Четырехуровневая схема уровней. Условия инверсной заселенности. Тепловое возбуждение нижнего лазерного уровня. |
| 1.4 | Лазеры на жидкостях | Лазеры на жидкостях. Лазеры на хелатах. Структура. Энергетические уровни. Условия инверсии заселенностей. Органические красители. Закон Стокса. Спектр молекул. Схема энергетических уровней. Синглетные и триплетные состояния. Инверсия заселенностей. Ширина линии генерации. Перестройка длин волн. Фотодиссоциация. |
| 1.5 | Газовые лазеры. | Газовые лазеры. Неупругие столкновения электронов с атомами. Удары второго рода. Гелий-неоновый лазер. Активные элементы. Инверсия заселенности. Зависимость мощности генерации от тока. Гелий-кадмиевый лазер. Реакция Пеннинга. Схема уровней. Условия инверсной заселенности. Явление катафореза. Особенности конструкции активного элемента. Лазер на CO ₂ . Колебательно-вращательные спектры молекул. Колебательные квантовые числа. P- и R- ветви. Процессы возбуждения и разрушения уровней. Инверсия заселенности. Продольные и поперечные CO ₂ - лазеры. Лазеры на парах меди и молекулярном азоте. Самоограниченные переходы. Принцип Франка-Кондона. |
| 1.6 | Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах. | Энергетическая диаграмма np перехода. Квазиуровень Ферми для электронов и дырок. Инжекция носителей заряда через np переход. Энергетические диаграммы одинарного и двойного гетероперехода, их свойства. Распространение света в двойной гетероструктуре. Порог генерации полупроводникового гетеролазера. |
| 1.7 | Управление характеристиками | Свойства лазерных пучков. Монохроматичность. Когерентность. |

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| | лазерного излучения. | Направленность. Яркость. Селекция линий излучения лазера. Применение широкополосных поглощающих фильтров и дисперсионных элементов. Селекция продольных мод. Интерференционные методы селекции. Одномодовый режим генерации. Различные методы модуляции добротности (электрооптический, акустооптический, оптико-механический, фототропный). Режим синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация. Расчет длительности импульса в режиме синхронизации мод. Генерация сверхкоротких (фемтосекундных) лазерных импульсов. Модуляторы и дефлекторы лазерного излучения. |
| 3. Лабораторные работы | | |
| 3.1 | Физические основы квантовой электроники. | Лабораторная работа № 1 «Излучательные и безызлучательные переходы в квантовых системах» |
| 3.2 | Лазеры на твердом теле. | Лабораторная работа № 2 «Лазеры на твердом теле». |
| 3.3 | Газовые лазеры. | Лабораторная работа № 3 «Газовые лазеры». |
| 3.4 | Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах. | Лабораторная работа № 4 «Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах». |
| 3.5 | Управление характеристиками лазерного излучения. | Лабораторная работа № 5 «Управление характеристиками лазерного излучения». |

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п / п | Наименование раздела дисциплины | Виды занятий (часов) | | | | | Всего |
|---------|--|----------------------|--------------|--------------|------------------------|----------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Контроль | |
| 1. | Этапы развития квантовой электроники. | 4 | 5 | 0 | 26 | 5 | 40 |
| 2. | Физические основы квантовой электроники. | 10 | 5 | 10 | 26 | 5 | 56 |
| 3. | Лазеры на твердом теле. | 6 | 5 | 6 | 26 | 5 | 48 |
| 4. | Лазеры на жидкостях | 6 | 5 | 6 | 26 | 5 | 48 |
| 5. | Газовые лазеры. | 8 | 5 | 10 | 26 | 5 | 54 |
| 6. | Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах. | 8 | 5 | 10 | 26 | 5 | 54 |
| 7. | Управление характеристиками лазерного излучения. | 10 | 6 | 10 | 26 | 6 | 58 |
| | Итого | 52 | 38 | 52 | 182 | 36 | 360 |

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

- Работа с текстом конспекта лекции.
- Чтение основной и дополнительной литературы. Самостоятельное изучение материала по литературным источникам.
- подготовка к лабораторным занятиям, написание отчетов.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 1 | Шангина, Л.И. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Л.И. Шангина. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 303 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&id=208584 |
| 2 | Привалов, В.Е. Лазеры и экологический мониторинг атмосферы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Привалов, А. Э. Фотиади, В. Г. Шеманин. — Москва : Лань, 2013. — 288 с. <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?p1_cid=25&p1_id=5851 > |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник |
|-------|--|
| 3 | Менушенков, А.П. Физические основы лазерной технологии : учебное пособие / А.П. Менушенков, В.Н. Неволин, В.Н. Петровский. - М. : МИФИ, 2010. - 212 с. - ISBN 978-5-7262-1252-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231907 |
| 4 | Делоне, Николай Борисович. Взаимодействие лазерного излучения с веществом : курс лекций / Н. Б. Делоне. — М. : Наука, 1989. — 277,[1] с. : ил. — Библиогр. в конце лекций. — Предм. указ.: с. 274-275. — ISBN 5-02-014056-2 : 3 р. (2 экземпляра) |
| 5 | Звелто, Орацио. Принципы лазеров / О. Звелто ; Перевод с англ. Е. В. Сорокина и др.; Под ред. Т. А. Шмаонова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Мир, 1990. — 558 с. : ил., табл. — Библиогр. в конце разделов. — Предм. указ.: с. 549-553. — ISBN 5-03-001053-X : 4 р. (2 экземпляра) |
| 6 | Пихтин, А.Н. Оптическая и квантовая электроника / А.Н. Пихтин. — М. : Высш. шк., 2001. — 572, (3 экземпляра) |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

| № п/п | Ресурсы Интернет |
|-------|---|
| 7 | Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" – http://biblioclub.ru/ |
| 8 | Электронно-библиотечная система "Консультант студента" – http://www.studmedlib.ru |
| 9 | Электронно-библиотечная система "Лань" – https://e.lanbook.com/ |
| 10 | Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" – http://rucont.ru |
| 11 | http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ |

16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

| № п/п | Источник |
|-------|---|
| 1 | Учебно-методические указания к лабораторным занятиям дисциплины "Основы квантовой электроники". |
| 2 | Электронный учебный курс " Основы квантовой электроники ". |

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекционные и практические занятия. Преобладающими методами и приемам обучения являются: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ – демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Организационная структура лекционного занятия: 1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса. 2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы. 3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах. 4. Заключение, формулировка выводов. 5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия: 1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов. 2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами. 3. Выполнение экспериментальной части работы. 4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде самостоятельных и контрольных работ, докладов и рефератов).

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или "МООК ВГУ" (<https://mooc.vsu.ru>),

сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для лекционных занятий, оснащенная: ноутбуком Asus, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГУ, проектором BenQ MS 612ST, доской магнитно-маркерной 100*200.

Учебно-научные аудитории, оснащенные оборудованием для проведения лабораторных занятий: Лабораторные стенды: "Полупроводниковые диоды." Фотодиод; "Биполярный транзистор"; "Полевой транзистор"; "Операционный усилитель"; "Многокаскадовый RC-усилитель"; "Амплитудный модулятор и демодулятор"; "LC-генератор с индуктивной обратной связью"; "Кварцевый генератор"; "RC-генератор с фазосдвигающей цепью"; "Мультивибратор"; "Триггер на биполярном транзисторе"; "Основные схемы выпрямителей"; "Универсальные логические элементы ТТЛ"; "Регистр сдвига, счетчик".

Программное обеспечение: ОС Windows (WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc), Microsoft Office (OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc). Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ». Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product. Программный комплекс для ЭВМ - MathWorks. Система инженерного моделирования ANSYS HF Academic Research.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ" (<https://edu.vsu.ru>).

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

| Код и содержание компетенции (или ее части) | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков) | Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование) | ФОС* (средства оценивания) |
|--|--|--|---|
| ПК-1.1. Согласует условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов | Знать: условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: согласовывать условия и режимы эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Владеть: навыками определения условий и режимов эксплуатации, конструктивных особенностей разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов | Этапы 1-7: Этапы развития квантовой электроники. Физические основы квантовой электроники. Лазеры на твердом теле. Лазеры на жидкостях Газовые лазеры. Лазеры на полупроводниковых гетероструктурах. Управление характеристиками лазерного излучения | Устный опрос, отчеты по лабораторным работам. Реферат |
| ПК-1.2. Определяет требования к параметрам разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры | Знать: требования к параметрам разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры. Уметь: определять требования к параметрам разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры. Владеть: навыками определения требований к параметрам разрабатываемой оптоэлектронной аппаратуры. | | |
| ПК-1.3. | Знать: принципы поиска научно- | | |

| | | | |
|---|---|--|------------|
| <p>Осуществляет поиск и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p> | <p>технической информации об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: анализировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт об изделиях аналогах. Владеть: навыками осуществления поиска и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта об изделиях аналогах разрабатываемой оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> | | |
| <p>ПК-1.4. Оформляет научно-технические отчеты о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p> | <p>Знать: результаты разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: оформлять научно-технические отчеты о результатах разработки оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Владеть: навыками оформления научно-технических отчетов.</p> | | |
| <p>ПК-4.2 Составляет технологические карты сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей</p> | <p>Знать: технологические карты сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей Уметь: составлять технологические карты сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей Владеть: навыками составления технологических карт сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей</p> | | |
| <p>ПК-4.4. Вносит предложения о необходимости разработки новых технологий и приобретения нового оборудования для производства, сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей современной оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов</p> | <p>Знать: перечень оборудования, применяемого для производства, сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей современной оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов. Уметь: вносить предложения о необходимости разработки новых технологий и приобретения нового оборудования. Владеть: навыками работы с оборудованием, применяемым для производства, сборки, юстировки и контроля оптических, оптико-электронных, механических блоков, узлов и деталей современной оплотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.</p> | | |
| <p>Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен</p> | | | <p>КИМ</p> |

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторных работ; оценки результатов практической деятельности (решение задач, работа на семинарах). Критерии оценивания приведены ниже. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

Для оценивания результатов обучения на экзамене учитываются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала, владение понятийным аппаратом и теоретическими основами волновых явлений;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными, используемые в квантовой электронике;
- 4) владение понятийным аппаратом и умение применять теоретические знания для решения различных задач квантовой электроники.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|--|--------------------------------------|----------------------------|
| <i>Посещение лекционных и лабораторных занятий. Ответ на вопрос контрольно-измерительного материала во время зачета. Ответы на дополнительные вопросы. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.</i> | <i>Повышенный уровень</i> | <i>Отлично</i> |
| <i>Посещение лекционных и лабораторных занятий. Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрировано теоретических основ дисциплины.</i> | <i>Базовый уровень</i> | <i>Хорошо</i> |
| <i>Пропуски лекционных и лабораторных занятий. Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум(трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Имеет не полное представление о теоретических основах., допускает существенные ошибки.</i> | <i>Пороговый уровень</i> | <i>Удовлетворительно</i> |
| <i>Пропуски лекционных и лабораторных занятий. Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.</i> | <i>–</i> | <i>Неудовлетворительно</i> |

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

См. фонд контрольно-измерительных материалов.

19.3.2 Темы рефератов:

1. Полупроводниковые лазеры. Лазеры на квантовых точках.
2. Техника лазерной спектроскопии Методы линейной лазерной спектроскопии
3. Методы нелинейной лазерной спектроскопии. Спектроскопия сверхвысокого разрешения газов
4. Твердотельные лазеры. Лазер на титан-сапфире.
5. Генерация фемтосекундных световых импульсов
6. Спектроскопия сверхкоротких импульсов.
7. Преобразование частоты: параметрическая генерация.
8. Преобразование частоты: генерация второй гармоники.
9. Лазеры с распределенной обратной связью и лазеры с распределенным брэгговским отражением.
10. Лазеры на свободных электронах. Рентгеновские лазеры..
11. Волоконные лазеры.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); тестирования; оценки результатов практической деятельности. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используется качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

Программа рекомендована _____ НМС физического факультета ВГУ

(наименование факультета, структурного подразделения)

протокол № 6 от 23.06.2022 г.

Форма контрольно-измерительного материала

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___.__.20__

Направление подготовки / специальность _____ 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика _____
шифр, наименование

Дисциплина _____ Основы квантовой электроники

Вид контроля _____ экзамен

Вид аттестации _____ промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 1

1. Поглощение и усиление. Инверсия активной среды как необходимое условие генерации лазера.
2. Свойства лазерных пучков. Монохроматичность. Когерентность. Направленность. Яркость.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___.__.20__

Направление подготовки / специальность _____ 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика _____
шифр, наименование

Дисциплина _____ Основы квантовой электроники

Вид контроля _____ экзамен

Вид аттестации _____ промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Квантово-механические явления, составляющие основу физики лазеров: поглощение, спонтанное и индуцированное излучения.
2. Классификация лазеров с учетом методов накачки.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

__._.20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
шифр, наименованиеДисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 3

1. Механизмы заселения уровней. Механизмы очищения уровней. Трех- и четырехуровневые схемы накачки
2. Селекция линий излучения лазера. Применение широкополосных поглощающих фильтров и дисперсионных элементов.....

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

__._.20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
шифр, наименованиеДисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 4

1. Методы накачки. Оптическая, электрическая, химическая, тепловая.
2. Селекция продольных мод. Интерференционные методы селекции.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___.___.20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
шифр, наименованиеДисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 5

1. Моды. Пассивные и активные резонаторы.
2. Модуляция добротности.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___.___.20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
шифр, наименованиеДисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 6

1. Необходимость превышения начального коэффициента усиления над коэффициентом потерь.
2. Одномодовый режим генерации.....

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
шифр, наименованиеДисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 7

1. Основные параметры резонатора, образованного двумя зеркалами. Время жизни моды пассивного резонатора.
2. Режим синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___. ___. 20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
шифр, наименованиеДисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 8

1. Инверсия активной среды как необходимое условие генерации лазера.
2. Типы газоразрядных лазеров. Электрические разряды, применяемые в газоразрядных лазерах. Лазеры на нейтральных атомах.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___.___.20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
*шифр, наименование*Дисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 9

1. Общие принципы создания инверсии. Механизмы заселения уровней.
2. Молекулярные лазеры. Лазер на углекислом газе.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой _____

подпись, расшифровка подписи

___.___.20__

Направление подготовки / специальность 12.03.03 – Фотоника и оптоинформатика
*шифр, наименование*Дисциплина Основы квантовой электроникиВид контроля экзаменВид аттестации промежуточнаяКонтрольно-измерительный материал № 10

1. Моды оптического резонатора. Основные параметры резонатора, образованного двумя зеркалами.
2. Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях.

Преподаватель _____
подпись расшифровка подписи