

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 03 » 04 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Направление подготовки 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Профиль/программа подготовки _____

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
5	5/180	36	18	18	72	экз. (36ч.), КР
Итого	5/180	36	18	18	72	экз. (36ч.), КР

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Основы квантовой электроники» являются

1. Получение представления об основных актуальных направлениях развития оптической и лазерной техники.

2. Формирование знаний об основах работы квантовых усилителей и генераторов, о характеристиках лазерного излучения, о законах распространения электромагнитного излучения в веществе.

3. Приобретение практических навыков начального расчета параметров лазерного излучения, выбора оптимальных схем квантовых усилителей для решения поставленных задач, построения и функционирования оптических квантовых усилителей;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы квантовой электроники» относится к базовой части основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит в пятом семестре.

Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов фундаментальных знаний, полученных в рамках изучения дисциплин «Физика», «Основы оптики»; а также наличие фундаментальных математических знаний.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин и практик учебного плана: «Лазерная техника», «Лазерные технологии», «Лазерные измерения» «Научно-исследовательская работа в семестре», «Производственная практика», выполнение выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Компетенции, частично формируемые в рамках освоения дисциплины:

ОК-1. Способность формировать мировоззренческую позицию на основе философских знаний;

ОПК-3. Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат;

ПК-1. Способность к анализу поставленной задачи исследований в области приборостроения;

ПК-5. Способность к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях.

1) Знать:

- актуальные направления развития оптической и лазерной техники (ОК-1);
- законы распространения электромагнитного излучения в веществе (ОПК-3);
- принципы работы квантовых усилителей и генераторов (ПК-5);
- способы расчета характеристик лазерного излучения (ПК-5).

2) Уметь:

• самостоятельно формулировать конкретные задачи исследования заданной предметной области (ОПК-3);

• выбирать оптимальные схемы квантовых усилителей для решения поставленных задач (ПК-1);

• рассчитывать параметры лазерного излучения (ПК-5).

3) Владеть:

- практическими навыками построения оптических квантовых усилителей (ПК-5);

- методами расчета параметров лазерного излучения (ПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	История квантовой электроники	5	1-2	4	-	-	-	9	-	2/50%	-
2	Основы физики лазеров	5	3-9	14	8	8	-	28	-	16/53%	Рейтинг-контроль №1
3	Квантовые усилители – Лазеры	5	10-18	18	10	10	-	35	+	18/47%	Рейтинг-контроль №2 Рейтинг-контроль №3
Всего		5	18	36	18	18	-	72	+	36 / 50%	экзамен (36 ч.)

Содержание разделов дисциплины

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	лекции	практические	лабораторные	срс
Раздел 1. История квантовой электроники	13	4			9
Тема 1 История квантовой электроники	13	4	-	-	9
Раздел 2. Основы физики лазеров	68	14	8	8	28
Тема 1. Поглощение и испускание света квантовой системой	18	4	2	2	7
Тема 2. Ширина и форма спектральной линии излучения	18	4	2	2	7
Тема 3. Коэффициент усиления активной среды.	18	2	2	4	6
Тема 4. Ненасыщенный коэффициент усиления	14	4	2	-	8
Раздел 3. Квантовые усилители – Лазеры	90	18	10	10	35
Тема 1. Квантовые усилители	12	2	-	-	7
Тема 2. Резонаторы лазеров	12	2	2	2	4
Тема 3. Модовый состав излучения	12	2	2	2	4
Тема 4. Энергетические характеристики лазера	10	2	2	-	4
Тема 5. Пространственные характеристики лазерных пучков	12	2	2	2	4
Тема 6. Фокусировка лазерного излучения	8	2	-	-	4
Тема 7. Когерентность световых волн	14	2	2	4	4
Тема 8. Элементарные процессы в газоразрядной плазме	10	4	-	-	4
Экзамен	36				
Итого	180	36	18	18	72

Лабораторные занятия

№ модуля дисциплины	№ п/п	Наименование и/или краткое содержание лабораторных работ	Трудоёмкость (часов)
Раздел 2. Основы физики лазеров	1	Определение коэффициентов Эйнштейна	2
	2	Определение уширения спектральной линии излучения	2
	3	Определение коэффициент усиления активной среды	2
	4	Защита лабораторных работ	2
Раздел 3. Квантовые усилители – Лазеры	5	Определение длины резонатора	2
	6	Определение модового состава излучения	2
	7	Определение расходимости лазерного излучения	2
	8	Определение радиуса когерентности	2
	9	Защита лабораторных работ	2
ИТОГО:			18

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- мастер-классы (демонстрация на лабораторных и практических занятиях принципов расчета и проектирования оптических квантовых усилителей и генераторов);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или компьютера);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости является распределённым и основан на оценке нескольких составляющих.

1. Результаты рейтинг-контроля.
2. Выполнение и защита лабораторных работ.
3. Выполнение практических заданий.
4. Выполнение и защита курсовой работы.

Вопросы рейтинг-контроля №1

1. Спонтанное излучение.
2. Время жизни частицы в возбужденном состоянии.
3. Вероятность спонтанного перехода.
4. Индуцированное излучение.
5. Поглощение света. Коэффициенты Эйнштейна.
6. Инверсная населенность уровней.
7. Спектральная линия, полуширина, ядро, крылья.
8. Столкновительное уширение. Лоренцов контур. Форм-фактор.

9. Однородное и неоднородное уширение.
10. Доплеровское уширение. Гауссов контур.
11. Вероятность вынужденного перехода.

Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Сечение вынужденного излучения.
2. Коэффициент усиления активной среды.
3. Ненасыщенный коэффициент усиления.
4. Коэффициент усиления с учетом индуцированных переходов.
5. Плотность фотонов насыщения.
6. Интенсивность насыщения.
7. Изменение интенсивности вдоль активной среды без учета нерезонансных потерь.
8. Нерезонансные потери в активной среде.
9. Устройство лазера. Активная среда.
10. Устройство лазера. Система накачки.
11. Устройство лазера. Резонатор.
12. Пороговый коэффициент усиления.
13. Интенсивность выходного излучения лазеров в зависимости от прозрачности выходного зеркала.
14. Оптимальная прозрачность выходного зеркала.

Вопросы рейтинг-контроля №3

1. Типы резонаторов.
2. Устойчивые и неустойчивые резонаторы.
3. Диаграмма устойчивости.
4. Каустика, формы каустики.
5. Достоинства и недостатки устойчивых и неустойчивых резонаторов.
6. Модовый состав излучения. Продольные моды.
7. Модовый состав излучения. Поперечные моды.
8. Монохроматичность лазерного излучения. Условие одномодового режима генерации.
9. Трехзеркальный резонатор.
10. Энергетические характеристики лазера. Мощность.
11. Энергетические характеристики лазера. КПД.
12. Пространственные характеристики лазерных пучков. Распределение интенсивности по сечению пучка.
13. Пространственные характеристики лазерных пучков. Расходимость пучка.
14. Фокусировка лазерного излучения.
15. Глубина резкости пучка.
16. Определение размеров пятна.
17. Самофокусировка.
18. Временная когерентность. Время когерентности. Длина когерентности.
19. Пространственная когерентность. Радиус когерентности.
20. Элементарные процессы в газоразрядной плазме.

Примерные темы курсовых работ

1. Схема энергетических уровней водородного лазера.
2. Схема энергетических уровней азотного лазера.
3. Схема энергетических уровней эксимерного лазера.
4. Схема энергетических уровней CO₂-лазера.
5. Схема энергетических уровней рубинового лазера.
6. Схема энергетических уровней He-Ne-лазера.
7. Схема энергетических уровней аргонового лазера.
8. Схема энергетических уровней лазера на парах меди.
9. Схема энергетических уровней лазера на красителях.

10. Схема энергетических уровней неодимового лазера.
11. Схема энергетических уровней Nd-ИАГ лазера.
12. Схема энергетических уровней Yb-ИАГ-лазера.
13. Схема энергетических уровней He-Cd-лазера.
14. Схема энергетических уровней титан-сапфирового лазера.
15. Схема энергетических уровней лазера на парах золота.

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Основы квантовой теории излучения. Спонтанное излучение. Время жизни частицы в возбужденном состоянии. Вероятность спонтанного перехода.
2. Индуцированное излучение. Поглощение света. Коэффициенты Эйнштейна. Объемная плотность энергии.
3. Инверсная населенность уровней.
4. Естественное уширение. Спектральная линия, полуширина, ядро, крылья.
5. Столкновительное уширение. Лоренцов контур. Форм-фактор. Однородное и неоднородное уширение.
6. Доплеровское уширение. Гауссов контур.
7. Сравнение лоренцова и гауссова профилей.
8. Вероятность вынужденного перехода.
9. Сечение вынужденного излучения.
10. Коэффициент усиления активной среды.
11. Ненасыщенный коэффициент усиления.
12. Коэффициент усиления с учетом индуцированных переходов.
13. Плотность фотонов насыщения. Интенсивность насыщения.
14. Изменение населенности верхнего уровня при включении и выключении накачки.
15. Изменение интенсивности вдоль активной среды без учета нерезонансных потерь.
16. Нерезонансные потери в активной среде.
17. Устройство лазера.
18. Пороговый коэффициент усиления.
19. Интенсивность выходного излучения лазеров в зависимости от прозрачности выходного зеркала. Оптимальная прозрачность выходного зеркала.
20. Типы резонаторов. Диаграмма устойчивости.
21. Каустика, формы каустики.
22. Достоинства и недостатки устойчивых и неустойчивых резонаторов.
23. Модовый состав излучения. Продольные моды.
24. Модовый состав излучения. Поперечные моды.
25. Подавление поперечных мод высшего порядка.
26. Монохроматичность лазерного излучения. Условие одномодового режима генерации.
27. Трехзеркальный резонатор.
28. Энергетические характеристики лазера. Мощность, КПД.
29. Пространственные характеристики лазерных пучков. Распределение интенсивности по сечению пучка и расходимость пучка.
30. Фокусировка лазерного излучения.
31. Глубина резкости пучка.
32. Определение размеров пятна.
33. Самофокусировка.
34. Временная когерентность. Время когерентности. Длина когерентности.
35. Пространственная когерентность. Радиус когерентности.
36. Элементарные процессы в газоразрядной плазме.

Самостоятельная работа студентов включает в себя:

1. Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.

2. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам, при выполнении курсовой работы. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, при защите курсовой работы, на экзамене.

Вопросы для контроля самостоятельной работы

1. Вклад Таунса, Прохорова, Басова в квантовую электронику.
2. Чем вынужденное излучение отличается от спонтанного?
3. Что такое ширина спектральной линии?
4. Что такое Гауссов пучок?
5. Что такое сечение вынужденного перехода?
6. Условие усиления активной среды.
7. Что такое концентрация фотонов насыщения?
8. Что такое оптический резонатор?
9. Какие виды накачки активной среды существуют?
10. Что такое устойчивый и неустойчивый резонатор?
11. Что такое мода излучения?
12. Что такое монохроматичность излучения?
13. Что такое добротность резонатора?
14. От чего зависит КПД лазера?
15. Как уменьшить расходимость излучения?
16. Что такое когерентность излучения?

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература*:

1. Физические основы лазерной техники : учеб. пособие / Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., доп. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook_592d268c487362.64807642. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/942818>

2. Физические эффекты нанотехнологий: Учебное пособие / Прокофьева Н.И., Грибов Л.А., - 2-е изд., (эл.) - М.:МИСИ-МГСУ, 2017: ISBN 978-5-7264-1715-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/970402>

3. История лазера / М. Бертолотти; Пер. с англ. П.Г. Крюкова. - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2015. - 336 с.: 60x90 1/16. (обложка) ISBN 978-5-91559-183-6, 500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/500630>

б) дополнительная литература*:

1. Шандаров В.М. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шандаров В.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский

государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 197 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14018>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Шандаров С.М. Введение в квантовую и оптическую электронику [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шандаров С.М., Башкирова А.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 98 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13922>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Шангина Л.И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шангина Л.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 301 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13939>.— ЭБС «IPRbooks».

4. Бакланов Е.В. Основы лазерной физики [Электронный ресурс]: учебник/ Бакланов Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011.— 131 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45127>.— ЭБС «IPRbooks».

5. Иванов И.Г. Основы квантовой электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Иванов И.Г.— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2011.— 174 с.— Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556192>.

6. Реутов А.Т. Физика лазеров. Часть 2. Основы теории лазеров [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Реутов А.Т.— Электрон. текстовые данные.— М.: Российский университет дружбы народов, 2011.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11534>.— ЭБС «IPRbooks».

в) периодические издания:

1. Журнал «Квантовая электроника». Архив номеров. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/qe/archive>.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные аудитории оснащены доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС
ВО по направлению 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Рабочую программу составил старший преподаватель кафедры ФиПМ С.В.Жирнова
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя)

И.А. Касанский ИИИИО-2 ФРП ГЛП
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

Протокол № 1 от 03.09.2018 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Протокол № 1 от 03.09.2018 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____