

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Матвеев П.В.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	12.03.02 Оптотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Оптико-электронные приборы и системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	О Естественнонаучный
Выпускающая кафедра	О4 ФИЗИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	О4 ФИЗИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	51	34	17	0	57	0	18	39	диф. зач.
4	7	4	144	51	34	17	0	93	0	0	93	экз.
ВСЕГО		7	252	102	68	34	0	150	0	18	132	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

12.03.02 Оптотехника

год набора группы: 2024

Программу составили:

Кафедра О4 ФИЗИКА

Комарова Ольга Сергеевна, к.ф.-м.н., доцент

Кафедра О4 ФИЗИКА

Савин Сергей Владимирович, ассистент

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **О4 ФИЗИКА**

Заведующий кафедрой Федоров Д.Л., д.ф.-м.н., проф.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

О4 ФИЗИКА

Заведующий кафедрой Федоров Д.Л., д.ф.-м.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-3.2 — способность осуществлять организационно-техническое обеспечение производства приборов квантовой электроники и фотоники
ПСК-3.3 — способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам оптики

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-3.2

знания:

математических моделей лазерных активных сред;
моделей лазерной и оптической генерации;
основ адаптивной оптики;

умения:

теоретические: уметь применять методы компьютерного и математического моделирования, работать с программным обеспечением, позволяющим исследовать квантово-механические процессы в твердых телах;

навыки:

математического моделирования применительно к оптическим системам и процессам, разработка простейших компьютерных программ.

ПСК-3.3

знания:

наиболее употребительных математических методов и приемов применительно к оптическим системам и процессам;

основ вычислительного моделирования физических процессов в оптических процессах;

умения:

разрабатывать и использовать математические модели;
использовать основные математические методы для решения задач моделирования;

навыки:

исследование эффектов, объяснимых с точки зрения квантовой механики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.02 Оптотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВОЛНОВАЯ ОПТИКА, ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРИБОРЫ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В ЛУЧЕВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
- ОПК-3 — Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики оптических измерений
- ОПК-4 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-3.2	ПСК-3.3
3	6	Раздел 1. Математические основы моделирования оптических систем. 1.1. Разложения в ряды Тейлора для функций одной и многих переменных. 1.2. Обыкновенные дифференциальные уравнения: уравнения с разделяющимися переменными, описание линейных релаксационных процессов, описание колебательных процессов. 1.3. Задачи с начальными условиями и краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений. Задачи на собственные значения. 1.4. Комплексные функции как средство описания колебательных процессов. 1.5. Интерполяция и аппроксимация функций. Полиномы Лагранжа, аппроксимация сплайнами, метод наименьших квадратов. 1.6. Специальные функции. Уравнение Бесселя, функции Бесселя. 1.7. Линейные уравнения в частных производных: волновое уравнение, уравнение теплопроводности. Комплексные функции как аппарат для решения линейных уравнений. 1.8. Понятие о корректности задач для уравнений в частных производных. Понятие о решении некорректных задач. 1.9. Обращение матриц. Понятие о разреженных матрицах. Итерационные приближенные методы обращения матриц. Трехдиагональные матрицы и алгоритм Томаса (метод прогонки).	56	23	16	7	33	20	20
3	6	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов. 2.1. Понятие о дискретизации задач моделирования. Расчетные области и расчетные сетки. 2.2. Метод конечных разностей для обыкновенных дифференциальных уравнений. Понятие о разностных схемах. Порядок аппроксимации. Явные и неявные разностные схемы. 2.3. Метод конечных разностей для уравнений в частных производных. Явные и неявные схемы. Схема Кранка-Николсона для уравнения теплопроводности. 2.4. Метод конечных элементов для уравнения теплопроводности. 2.5. Понятие об аппроксимации, устойчивости и сходимости численных решений. 2.6. Основы численного решения нелинейных стационарных дифференциальных уравнений в частных производных. Метод установления. 2.7. Автомодельные решения уравнения теплопроводности для описания температурных полей в изделиях лазерных аддитивных технологий.	52	28	18	10	24	20	20
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	40	40
4	7	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред. 1.1. Модель среды кислородно-йодного лазера. Механизм химической накачки, вынужденного излучения и релаксации. 1.2. Модель среды газодинамического СО2-лазера. Колебательная неравновесность и формирование инверсии. Механизм накачки, вынужденного излучения и релаксации. 1.3. Модели активных сред твердотельных лазеров. 1.4. Модели теплофизики и газодинамики активных сред проточных газовых лазеров. 1.5. Модели теплофизики активных сред твердотельных лазеров.	64	24	16	8	40	30	30
4	7	Раздел 4. Основы адаптивной оптики и Модели лазерной генерации. 2.1. Модель стационарной лазерной генерации в простейшем плоскопараллельном резонаторе с пространственно однородной активной средой (модель Ригрода). 2.2. Формирование усиления в активной среде непрерывного химического кислород-йодного лазера. Коэффициент усиления слабого сигнала и интенсивность насыщения. 2.3. Модели оптических искажений в лазерных активных средах. Турбулентные неоднородности в газовых проточных лазерах. Тепловые линзы в активных элементах твердотельных лазеров. 2.4. Искажения лазерной моды неустойчивого резонатора отрицательной ветви при больших числах Френеля. Влияние разъюстировки на геометрические параметры выходного пучка. 2.5. Искажения лазерной моды неустойчивого резонатора положительной ветви при больших числах Френеля. Влияние разъюстировки на геометрические параметры выходного пучка. 2.6. Методы коррекции искажений лазерных пучков, вызванных прохождением через 2.7. Понятие о лазерных опорных звездах, методах их создания и использования для коррекции изображений и турбулентных искажений лазерных пучков. 2.8. Деформируемые зеркала для коррекции искажений лазерных пучков, вызванных прохождением через турбулентную атмосферу: типы, принципы действия.	80	27	18	9	53	30	30
Всего за 7 семестр			144	51	34	17	93	60	60
Всего по дисциплине			252	102	68	34	150	100	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Математические основы моделирования оптических систем.	Практика использования тейлоровских разложений в задачах математического моделирования. Решение релаксационных уравнений и уравнений для колебательных процессов. Решение задач интерполяции и аппроксимации функций одной переменной	3

2		Решение задач на обращение разреженных матриц. Использование свободно распространяемых программных кодов. Обращение трехдиагональных матриц. Программирование алгоритма Томаса	4
3	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.	Построение трехдиагональной системы уравнений схемы Кранка-Николсона для одномерного нестационарного уравнения теплопроводности. Исследование устойчивости численного решения	10
Всего за 6 семестр			17
4	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.	Решение задач кинетики активной среды кислородно-йодного лазера.	5
5		Исследование модели Ригрода. Вычисление порога генерации	3
6	Раздел 4. Основы адаптивной оптики и Модели лазерной генерации.	Расчеты прохождения мощных лазерных пучков в турбулентной атмосфере	4
7		Расчеты адаптивных оптических систем для коррекции турбулентных искажений мощных лазерных пучков	5
Всего за 7 семестр			17

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Математические основы моделирования оптических систем.	Изучение материалов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка в диагностическим работам	23
2		Выполнение лабораторной работы и подготовка к защите.	10
3	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.	Изучение материалов и подготовка к диагностической работе	7
4		Выполнение и подготовка к защите лабораторной работы.	7
5		Подготовка к диф. зачету	10
Всего за 6 семестр			57
6	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.	Изучение материалов и подготовка к диагностическим работам	20
7		Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ.	20
8	Раздел 4. Основы адаптивной оптики и Модели лазерной генерации.	Изучение материалов и подготовка к диагностической работе	15
9		Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ.	25
10		Подготовка к экзамену	13
Всего за 7 семестр			93

3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Выдача вариантов задания на написание курсовой работы	1 - 3	1
Этап 2. Поиск и обработка материалов по тематике курсовой работы	4 - 13	8
Этап 3. Оформление пояснительной записки	14 - 15	5
Этап 4. Защита курсовой работы	16 - 16	4
Всего за 6 семестр		18

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6					Отч. по ЛР	ДР		Отч. по ЛР	ДР			Отч. по ЛР			КР	ДР	диф. зач.
7					Отч. по ЛР	ДР		Отч. по ЛР	ДР			Отч. по ЛР				ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- КР – курсовая работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- курсовая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Численные методы. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
2. А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Формирование излучения. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001, 62 экз.
3. А. А. Самарский, А. В. Гулин. . Численные методы. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989, 9 экз.
4. А. В. Алиев, О. В. Мищенко. . Математическое моделирование в технике. М.: Ин-т компьютер. исслед., 2012, 7 экз.
5. А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников. СПб.: Лань, 2008, 59 экз.
6. А. Н. Пихтин. . Оптическая и квантовая электроника. М.: Высшая школа, 2001, 50 экз.
7. В. И. Рейзлин. . Математическое моделирование. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
8. В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010, эл. рес.
9. Г. С. Ландсберг. . Оптика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006, 19 экз.
10. Е. А. Волков. . Численные методы. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
11. С. Н. Осипов. . Введение в квантовую механику. СПб.: Изд-во ЛМИ, 1991, 61 экз.
12. Я. С. Бугров, С. М. Никольский. . Высшая математика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Е. Ф. Белов, Б. С. Губанов, В. Я. Зельченко. . Проектирование и эксплуатация лазерных приборов в судостроении. Л.: Судостроение, 1986, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://ura.it.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Лабораторные занятия:

1. Mathcad Education - University Edition Term.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.02 Оптотехника*. Дисциплина реализуется на факультете *О Естественных наук* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *О4 ФИЗИКА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-3.2 способность осуществлять организационно-техническое обеспечение производства приборов квантовой электроники и фотоники;

ПСК-3.3 способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по отдельным разделам оптики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением методов математического моделирования, используемых в твердом теле; основные принципы математического и компьютерного моделирования физических систем; основные принципы написания компьютерного кода на языке Питон, применительно к оптическим системам.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- курсовая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **7 з.е., 252 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**150 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 252 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 150 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Математические основы моделирования оптических систем.		
Изучение материалов по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка в диагностическим работам	. Численные методы: Москва: Юрайт, 2019 (все) Я. С. Бугров, С. М. Никольский. . Высшая математика: Москва: Юрайт, 2020 (все) Е. А. Волков. . Численные методы: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (все) А. А. Самарский, А. В. Гулин. . Численные методы: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989 (все) А. В. Алиев, О. В. Мищенко. . Математическое моделирование в технике: М.: Ин-т компьютер. исслед., 2012 (все) В. И. Рейзлин. . Математическое моделирование: Москва: Юрайт, 2020 (все)	23
Выполнение лабораторной работы и подготовка к защите.	В. С. Зарубин. . Математическое моделирование в технике: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (все) А. А. Беляев, В. В. Лобачёв, Ю. П. Максимов. Формирование излучения: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2001 (все)	10
Итого по разделу 1		33
Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.		
Изучение материалов и подготовка к диагностической работе	А. А. Самарский, А. В. Гулин. . Численные методы: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989 (все)	7
Выполнение и подготовка к защите лабораторной работы.		7
Подготовка к диф. зачету		10
Итого по разделу 2		24
Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.		
Изучение материалов и подготовка к диагностическим работам	А. И. Ансельм. . Введение в теорию полупроводников: СПб.: Лань, 2008 (все)	20
Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ.		20
Итого по разделу 3		40
Раздел 4. Основы адаптивной оптики и Модели лазерной генерации.		
Изучение материалов и подготовка к диагностической работе	А. Н. Пихтин. . Оптическая и квантовая электроника: М.: Высшая школа, 2001 (все)	15
Выполнение и подготовка к защите лабораторных работ.	Г. С. Ландсберг. . Оптика: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (все)	25
Подготовка к экзамену	С. Н. Осипов. . Введение в квантовую механику:	13

	<p>СПб.: Изд-во ЛМИ, 1991 (все) Е. Ф. Белов, Б. С. Губанов, В. Я. Зельченко. . Проектирование и эксплуатация лазерных приборов в судостроении: Л.: Судостроение, 1986 (все)</p>	
Итого по разделу 4		53

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- отчет по ЛР;
- курсовая работа;
- дифференцированный зачет;
- экзамен.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Отчет по ЛР

Лабораторная работа считается выполненной успешно (принимается) при следующих условиях:

- правильное выполнение всех пунктов (задач), предусмотренных заданием;
- правильное построение и оформление в соответствии с требованиями государственных стандартов ЕСКД графиков, для всех получаемых в ходе выполнения задания характеристик, и отчёта в целом;
- предоставление отчёта в срок, указанный преподавателем

Курсовая работа

Перечень тематик курсовых работ:

1. Моделирование зонной структуры Кремния
2. Моделирование зонной структуры германия
3. Моделирование зонной структуры арсенида галия

Темы курсовой работы представлены в УМК дисциплины.

Текст должен быть набран шрифтом Times New Roman, 14, с одинарным или полуторным межстрочным интервалом. Обязательно использование не менее 3 отечественных и не менее 3 иностранных источников, опубликованных в последние 10 лет. Обязательно использование электронных баз данных. КР должен состоять из четырех основных частей:

- введение,
- основная часть (она может состоять из нескольких глав),
- заключение,
- список использованной литературы.

Общий объем реферата 10-15 страниц машинописного текста: введение – 1-2 страницы, основная часть – 8-11 страниц, заключение – 1-2 страницы.

Процедура защиты курсовой работы: выступление с устной презентацией результатов с последующим групповым обсуждением, ответы на вопросы преподавателя (10 минут).

Критерии оценивания

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 2 балла;
- соответствие целям и задачам дисциплины 4 балла;
- постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение 5 баллов;
- логичность и последовательность в изложении материала 3 балла;
- способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой 2 балла;
- объем исследованной литературы и других источников информации 2 балла;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников 3 балла;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса 4 балла;
- умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию 2 балла;

- навыки планирования и управления временем при выполнении работы 2 балла;
- обоснованность выводов 3 балла;
- наличие авторской аннотации к реферату 1 балл;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 1 балл;
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста) 1 балл.

Курсовая работа считается сданной, если набрано не менее 25 баллов.

Оценка выставляется в соответствии со следующими критериями:

- менее 25 баллов - неудовлетворительно,
- от 25 до 29 – удовлетворительно,
- от 30 до 32 – хорошо,
- от 33 до 35 – отлично

Дифференцированный зачет

Для промежуточной аттестации, проводимой в форме дифференцированного зачета, используются билеты с заданиями. Каждый билет содержит 11 заданий, что составляет 100%. Оценка выставляется по результатам устного собеседования в соответствии со следующими критериями:

- менее 50% правильных ответов – неудовлетворительно,
- от 51% до 65 % ответов – удовлетворительно,
- от 66% до 84% ответов – хорошо,
- от 85% до 100% правильных ответов – отлично

Экзамен

Экзамен проводится в устной форме по билетам, выданным преподавателем. Студент должен подготовить, пользуясь конспектом, составленным по материалам курса, ответ на два вопроса. Оценка «отлично» ставится, если ответ является полным и правильным. Материал изложен в определенной логической последовательности. При ответе на дополнительные вопросы студент показал знание основных понятий и законов.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ является полным и правильным, при этом допущены несущественные ошибки, исправленные после наводящих вопросов преподавателя. При ответе на дополнительные вопросы студент демонстрирует понимание основного содержания учебного материала. Студент свободно ориентируется в материале, изложенном в конспекте.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент обнаруживает знание и понимание материала курса, но излагает материал неполно и допускает существенные ошибки в формулировке основных понятий и законов. Ответ на дополнительные вопросы вызывает у экзаменуемого затруднения или содержит ошибки, которые он может исправить после наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если при ответе обнаружено непонимание основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-3.2	ПСК-3.3	
3	6	Раздел 1. Математические основы моделирования оптических систем.	56	23	16	7	33	20	20	Отчет по ЛР
3	6	Раздел 2. Основы вычислительного моделирования лазерных физических процессов.	52	28	18	10	24	20	20	Отчет по ЛР, Курсовая работа
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	40	40	
4	7	Раздел 3. Математические модели лазерных активных сред.	64	24	16	8	40	30	30	Отчет по ЛР
4	7	Раздел 4. Основы адаптивной оптики и Модели лазерной генерации.	80	27	18	9	53	30	30	Отчет по ЛР
Всего за 7 семестр			144	51	34	17	93	60	60	
Всего по дисциплине			252	102	68	34	150	100	100	

Критерии оценивания

ПСК-3.2

Вопросы открытого типа:

- № 1 Вычислить шаг по времени, максимально возможный для обеспечения устойчивости численного решения одномерного (плоского) уравнения теплопроводности явной разностной схемой второго порядка по пространству и первого порядка по времени при следующих исходных данных:
- Коэффициент теплопроводности = 12.2 Вт/(м*К);
 - Плотность = 2650 кг/(м³);
 - Теплоемкость = 1150 Дж/(кг*К);
 - Шаг сетки по пространственной координате = 150 мкм;
- № 2 Что такое p-n переход?
- № 3 В чем заключаются главные причины снижения оптического качества излучения непрерывных и импульсно-периодических твердотельных лазеров с активными элементами в форме цилиндрических стержней?
- № 4 Как изменяется ширина запрещенной зоны полупроводникового соединения Al_xGa_(1-x)As при изменении молярной доли алюминия (x)?
- № 5 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют снижение оптического качества и почему?
- № 6 Как изменяется ширина запрещенной зоны полупроводникового соединения In_xGa_(1-x)As при изменении молярной доли индия (x)?
- № 7 Какой из материалов активного элемента неодимового лазера: Nd:YAG, Nd:glass предпочтительнее с точки зрения повышения оптического качества излучения и почему?
- № 8 Скорость реакции – это:
- № 9 Как изменяется величина показателя преломления полупроводникового соединения Al_xGa_(1-x)As при изменении молярной доли алюминия (x)?
- № 10 Что происходит с энергетическими уровнями размерного квантования в квантовой яме при уменьшении её ширины
- № 11 Константа скорости реакции – это:
- № 12 Разностная схема – это:
- № 13 Что такое эффективная масса?
- № 14 Найти минимальное расстояние между двумя соседними атомами в ОЦК решетке, если параметр решетки равен 0,316 нм. Ответ в нанометрах с точностью до одной тысячной.
- № 15 Чем отличается неявная разностная схема от явной?
- № 16 Схема Кранка-Николсона – это:
- № 17 Метод переменных направлений – это:
- № 18 Чем определяется порядок оптической моды в полупроводниковом лазере?
- № 19 Чем характеризуется лазерное излучение?
- № 20 Какую тройку векторов составляют в плоской электромагнитной волне напряжённость электрического поля, напряжённость магнитного поля и волновой вектор, чем определяется её поляризация?
- Вопросы закрытого типа:
- № 1 От какого энергетического уровня отсчитываются границы запрещенной зоны в полупроводнике?
1. от потолка валентной зоны
 2. от дна зоны проводимости
 3. от уровня вакуума
- № 2 Определить скорость реакции пулинга в активной среде химического кислородно-йодного лазера при следующих исходных данных:
- уравнение реакции: O₂(1D)+O₂(1D)->O₂(1S)+O₂(3S);
 - доля синглетного кислорода O₂(1D) 60%;
 - доля кислорода (во всех состояниях) в активной среде 25%;

- давление среды 30 Торр;
 - температура 300К;
 - константа скорости реакции $2.5 \cdot 10^{-17} \text{ (см}^3\text{)/с}$
1. $2.08 \cdot 10^{18} \text{ 1/(см}^3\text{*с)}$
 2. $1.04 \cdot 10^{18} \text{ (см}^3\text{)/с}$
 3. $0.52 \cdot 10^{18} \text{ (см}^3\text{)/с}$
 4. $1.04 \cdot 10^{18} \text{ 1/(см}^3\text{*с)}$
 5. $0.52 \cdot 10^{18} \text{ 1/(см}^3\text{*с)}$
- № 3 Какая длина волны фотона в вакууме должна быть для генерации электрон-дырочной пары в полупроводнике GaAs с шириной запрещённой зоны 1.42 эВ?
1. 0,632 мкм
 2. 0.873 мкм
 3. 1.025 мкм
 4. 1.330 мкм
- № 4 Отличие схем неустойчивого конфокального резонатора положительной и отрицательной ветвей:
1. В резонаторе положительной ветви общий фокус действительный;
 2. В резонаторе отрицательной ветви общий фокус действительный;
 3. В резонаторе положительной ветви общий фокус мнимый;
 4. В резонаторе отрицательной ветви общий фокус мнимый.
- № 5 Какой длине волны света в вакууме соответствует край полосы поглощения полупроводника GaP с шириной запрещённой зоны 2.26 эВ?
1. 0.850 мкм
 2. 0.549 мкм
 3. 0,440 мкм
 4. 0,632 мкм
- № 6 Отличие схем неустойчивого конфокального резонатора положительной и отрицательной ветвей:
1. Резонатор положительной ветви имеет меньшую длину при одинаковом коэффициенте увеличения и диаметре апертуры;
 2. Резонатор положительной ветви имеет большую длину при одинаковом коэффициенте увеличения и диаметре апертуры;
 3. Резонатор положительной ветви имеет меньшую чувствительность к разъюстировкам при одинаковом коэффициенте увеличения
- № 7 Какова размерность константы скорости реакции второго порядка?
1. $(\text{см}^3)/\text{с}$
 2. $1/(\text{см}^3\text{*с})$
 3. см^2
 4. $(\text{см}^6)/\text{с}$
 5. $1/\text{с}$
 6. $1/(\text{см}^3)$
- № 8 Какова размерность константы скорости реакции третьего порядка?
1. $(\text{см}^3)/\text{с}$
 2. $1/(\text{см}^3\text{*с})$
 3. см^2
 4. $(\text{см}^6)/\text{с}$
 5. $1/\text{с}$
 6. $1/(\text{см}^3)$
- № 9 Укажите тип дефекта:

- А) дефект по Френкелю;
- Б) винтовая дислокация;
- В) включение другой фазы;
- Г) граница зерна поликристалла.

№ 10 Типы дефектов: поверхностный, точечный, линейный, объемный
Какие типы решеток имеют атом на грани?

1. примитивная;
2. гранецентрированная;
3. объемноцентрированная;
4. базоцентрированная;
5. гексагональная.

№ 11 Выделите точечные дефекты:

1. вакансия
2. примесный атом замещения
3. краевая дислокация
4. винтовая дислокация
5. междоузельный атом
6. включение другой фазы
7. микротрещина
8. дефект по Френкелю

№ 12 Выделите линейные дефекты:

1. вакансия
2. примесный атом замещения
3. краевая дислокация
4. винтовая дислокация
5. междоузельный атом
6. включение другой фазы
7. микротрещина
8. дефект по Френкелю

№ 13 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют поле механических напряжений?

1. Модуль упругости,
2. ν -коэффициент Пуассона,
3. размеры активного элемента,
4. КПД накачки,
5. мощность генерации,
6. κ -коэффициент теплопроводности,
7. плотность,
8. предел прочности,
9. ударная вязкость,
10. твердость,
11. κ -коэффициент нерезонансного поглощения лазерного излучения,
12. κ -коэффициент нерезонансного поглощения излучения накачки,
13. спектр пропускания,
14. σ -коэффициент электропроводности,
15. диэлектрическая проницаемость,
16. постоянная решетки

№ 14 Стационарные решения уравнения теплопроводности в цилиндрически-симметричном случае при равномерном по объему подводе тепла имеют вид:

1. Параболоида вращения с осью на оси симметрии цилиндрического активного элемента;
 2. Равномерного распределения температуры;
 3. Температура пропорциональна радиусу;
 4. Температура пропорциональна квадрату радиуса;
 5. Температура пропорциональна логарифму радиуса
- № 15 Максимум температуры в стационарном решении уравнения теплопроводности в цилиндрически-симметричном случае при равномерном по объему подводе тепла находится:
1. На внешней поверхности активного элемента;
 2. На оси симметрии;
 3. На половине радиуса активного элемента;
 4. На $1/3$ радиуса активного элемента
- № 16 Выберите данные, которые включаются в постановку задачи для любого дифференциального уравнения:
1. Коэффициент теплопроводности;
 2. Шаг сетки;
 3. Геометрия расчетной области;
 4. Плотность и теплоемкость среды;
 5. Граничные условия;
 6. Начальные условия;
 7. Решаемое уравнение;
 8. Критерий устойчивости;
 9. Интервал времени, в котором необходимо получить решение
- № 17 Сложной называется решетка, в которую входят:
1. атомы разных групп по таблице Менделеева;
 2. атомы с массой более 14 а.е.;
 3. любая трехмерная кристаллическая решетка;
 4. решетка, в базис которой входят 2 и более атомов.
- № 18 Какие виды химической связи являются сильными?
1. ионная;
 2. Ван-дер-Ваальсовская;
 3. ковалентная (гомеополярная);
 4. водородная;
 5. металлическая
- № 19 Выберите данные, которые включаются в постановку задачи для уравнения теплопроводности:
1. Коэффициент теплопроводности;
 2. Шаг сетки;
 3. Геометрия расчетной области;
 4. Плотность и теплоемкость среды;
 5. Граничные условия;
 6. Начальные условия;
 7. Решаемое уравнение;
 8. Критерий устойчивости;
 9. Интервал времени, в котором необходимо получить решение
- № 20 Что называется шириной запрещенной зоны?
1. энергия, отделяющая уровень вакуума от дна зоны проводимости;
 2. разность работы выхода и уровня Ферми;
 3. разность работы выхода и вершины валентной зоны;
 4. разница между уровнями энергии дна зоны проводимости и вершины валентной зоны;

5. разность работ выхода в барьере Шоттки;
6. энергия, отделяющая уровень вакуума от вершины валентной зоны.

ПСК-3.3

Вопросы открытого типа:

- № 1 В чем заключаются главные причины снижения оптического качества излучения непрерывных и импульсно-периодических твердотельных лазеров с активными элементами в форме цилиндрических стержней?
- № 2 На чём происходит рост полупроводникового кристалла в процессе эпитаксии?
- № 3 Отличие схем неустойчивого конфокального резонатора положительной и отрицательной ветвей:
- № 4 Отличие схем неустойчивого конфокального резонатора положительной и отрицательной ветвей:
- № 5 Что такое гетероструктура?
- № 6 Что такое p-i-n структура?
- № 7 Чем определяется усиление света в полупроводнике?
- № 8 Что такое инверсная населённость в полупроводниках?
- № 9 Какую функцию выполняет двойная гетероструктура с отдельным ограничением?
- № 10 Какова размерность константы скорости реакции второго порядка?
- № 11 Какова размерность константы скорости реакции третьего порядка?
- № 12 Что такое скорость реакции?
- № 13 Что такое константа скорости реакции?
- № 14 Чем определяется пороговое усиление и какое условие необходимо для наступления лазерной генерации?
- № 15 Описать рекомбинационные процессы в полупроводниковом лазере в зависимости от уровня накачки.
- № 16 Описать различия функции плотности состояний между объёмным полупроводниковым материалом и квантовой ямой.
- № 17 Перечислить известные конструкции оптических резонаторов, использующиеся в полупроводниковых лазерах, с указанием способа вывода излучения
- № 18 Кратко описать технологию синтеза полупроводниковых структур методом молекулярно-пучковой эпитаксии.
- № 19 Каким методом определяется состояние поверхности кристалла в процессе молекулярно-пучковой эпитаксии?
- № 20 Каким способом может осуществляться нагрев подложки в газофазной эпитаксии?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Какой статистикой описывается вероятность заполнения электроном состояния с энергией E в полупроводнике в случае термодинамического равновесия?
 1. Ферми-Дирака
 2. Бозе-Эйнштейна
 3. Максвелла-Больцмана
- № 2 Какой фотон рождается при стимулированном излучении? Выберите все возможные варианты
 1. с такой же поляризацией, как и прилетевший фотон
 2. с таким же направлением, как и прилетающий фотон
 3. с удвоенной частотой по отношению к прилетающему фотону
 4. меньшей энергией по отношению к прилетающему фотону
 5. с такой же длиной волны, как и прилетевший фотон
- № 3 Какие существуют переходы электронов между энергетическими уровнями в полупроводниках? Выберите все возможные варианты
 1. излучательные
 2. безызлучательные
 3. поглощательные
- № 4 Какие виды легирования полупроводников существуют? Выберите все возможные варианты

1. донорное
 2. акцепторное
 3. компенсированное
 4. вынужденное
- № 5 Метод переменных направлений – это:
1. Неявный метод решения одномерного нестационарного уравнения теплопроводности;
 2. Безусловно устойчивый метод решения одномерного нестационарного уравнения теплопроводности;
 3. Комбинированный явно-неявный метод решения многомерных нестационарных уравнений параболического типа;
 4. Явный метод решения многомерного нестационарного уравнения теплопроводности
- № 6 Схема Кранка-Николсона – это: (Выберите все возможные варианты)
1. Явная разностная схема для решения уравнения теплопроводности;
 2. Неявная разностная схема для решения уравнения теплопроводности;
 3. Явная разностная схема для решения любого дифференциального уравнения;
 4. Условно устойчивая разностная схема;
 5. Безусловно устойчивая разностная схема
- № 7 Чем отличается явная разностная схема от неявной? (Выберите все возможные варианты)
1. В разностном шаблоне используются несколько неизвестных значений решения;
 2. В разностный шаблон входит только одно неизвестное значение решения;
 3. Схема условно устойчива;
 4. Схема безусловно устойчива;
 5. Схема неустойчива
- № 8 Чем отличается неявная разностная схема от явной? (Выберите все возможные варианты)
1. В разностном шаблоне используются несколько неизвестных значений решения;
 2. В разностный шаблон входит только одно неизвестное значение решения;
 3. Схема условно устойчива;
 4. Схема безусловно устойчива;
 5. Схема неустойчива
- № 9 Где находятся энергетические уровни примесных уровней?
1. в разрешённой зоне
 2. в запрещённой зоне
 3. в валентной зоне
 4. в вакууме
- № 10 Какие спектральные полосы энергетических состояний с точки зрения поглощения и усиления света в полупроводнике будут в состоянии равновесия? (Выберите все возможные варианты)
1. полоса пропускания
 2. полоса поглощения
 3. полоса усиления
- № 11 Какие спектральные полосы энергетических состояний с точки зрения поглощения и усиления света в полупроводнике будут в состоянии сильной накачки/инъекции? (Выберите все возможные варианты)
1. полоса пропускания

2. полоса поглощения
3. полоса усиления
- № 12 Что произойдёт с фотоном с длиной волны в вакууме 1 мкм при распространении в беспримесном GaAs (ширина запрещённой зоны 1.42 эВ)?
1. изменит направление распространения на обратное
 2. поглотится с генерацией пары электрон-дырка
 3. вызовет стимулированное излучение
 4. будет распространяться без поглощения
- № 13 От чего зависит поглощение света в полупроводнике? (Выберите все возможные варианты)
1. от наличия свободных состояний в зоне проводимости, соответствующих энергии фотона
 2. от наличия электронов в валентной зоне
 3. от уровня легирования
 4. от ширины запрещённой зоны
- № 14 От чего зависит эффективность излучательной рекомбинации? (Выберите все возможные варианты)
1. от концентрации носителей заряда
 2. от кристаллического совершенства кристалла
 3. от кристаллографической ориентации кристалла
- № 15 Максимум температуры в стационарном решении уравнения теплопроводности в цилиндрически-симметричном случае при равномерном по объёму подводе тепла находится:
1. На внешней поверхности активного элемента;
 2. На оси симметрии;
 3. На половине радиуса активного элемента;
 4. На $1/3$ радиуса активного элемента
- № 16 Стационарные решения уравнения теплопроводности в цилиндрически-симметричном случае при равномерном по объёму подводе тепла имеют вид:
1. Параболоида вращения с осью на оси симметрии цилиндрического активного элемента;
 2. Равномерного распределения температуры;
 3. Температура пропорциональна радиусу;
 4. Температура пропорциональна квадрату радиуса;
 5. Температура пропорциональна логарифму радиуса
- № 17 Какие параметры материала активного элемента твердотельного лазера определяют поле механических напряжений? (Выберите все возможные варианты)
1. Модуль упругости
 2. к-т Пуассона
 3. размеры активного элемента
 4. КПД накачки
 5. мощность генерации
 6. к-т теплопроводности
 7. плотность
 8. предел прочности
 9. ударная вязкость
 10. твердость
 11. к-т нерезонансного поглощения лазерного излучения
 12. к-т нерезонансного поглощения излучения накачки
 13. спектр пропускания
 14. к-т электропроводности
 15. диэлектрическая проницаемость

16. постоянная решетки

№ 18 Что входит в состав оптического резонатора полупроводникового лазера?
(Выберите все возможные варианты)

1. волновод
2. активная среда
3. зеркала

№ 19 Какие эффекты относятся к электрооптическим? (Выберите все возможные варианты)

1. Эффект Керра
2. Эффект Фарадея
3. Эффект Поккельса
4. Эффект Тэлбота
5. Дифракция Брэгга

№ 20 Подложки с какой ориентацией используются для эпитаксиального роста гетероструктур? (Выберите все возможные варианты)

1. Ориентированные
2. Разориентированные
3. Поликристаллические
4. Аморфные