

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

Северодонецкий технологический институт

Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись) «26» 09 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы решения задач математической физики»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль: Электронные приборы и устройства

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы решения задач математической физики» по направлению подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» (профиль «Электронные приборы и устройства») – 30 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы решения задач математической физики» разработана в соответствии Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. №927 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации №1456 от 26.11.2020 г., №83 от 08.02.2021 г., №662 от 19.07.2022 г. и №208 от 27.02.2023 г.)

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.ф.-м.н., доцент Василенко Н. А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники « 05 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой ИТПЭ  В.Г. Чебан

Переутверждена: « ____ » _____ 20__ г., протокол № ____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» « 16 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»

 Ю.В. Бородач

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – выработка у студентов представления о математическом моделировании физических процессов, о постановке и методах аналитического решения краевых задач для уравнений в частных производных.

Задачи: ознакомление студентов с теоретическими основами физических процессов; ознакомление студентов с методами решения типовых краевых и начально-краевых задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Методы решения задач математической физики» относится к циклу математических и естественнонаучных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания общей физики и математики, физики конденсированного состояния, физики полупроводников и диэлектриков, основ измерительной техники.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Физика конденсированного состояния», «Физика полупроводников», «Физика диэлектриков», «Введение в технику измерений», «Основы отраслевых знаний» и служит основой для освоения дисциплин «Приборы и методы СВЧ», «Проектирование интегральных микросхем», «Вакуумная и плазменная электроника», «Оптоэлектронные приборы и устройства».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. Знает математическое описание физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники. ПК-1.2. Умеет строить физические и математические модели приборов, узлов, блоков. ПК-1.3. Владеет навыками компьютерного моделирования.	Знать: определение дифференциальных уравнений с частными производными, классификацию дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, понятие корректности краевой задачи, собственные функции, свойства, принцип максимума, теорему единственности, интегральное представление решений, уравнения электростатики и магнитостатики, а также

		математический аппарат и другие физические законы относящиеся к описанию физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники;
		Уметь: строить физические и математические модели на основе уравнений математической физики, теплопроводности, разложения функций в ряд Фурье по собственным функциям; применять методы математической физики и численные методы для моделирования физических процессов в приборах твердотельной электроники;
		Владеть: навыками применения аналитических методов решения краевых и нестационарных задач в компьютерном моделировании; навыками моделирования процессов теплопроводности и волновых процессов в среде MATLAB.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	252 (7 зач. ед)	252 (7 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	119	22
Лекции	68	12
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	51	10
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	36	36
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	133	230

Форма аттестации	Семестр 5	экзамен	экзамен
	Семестр 6	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 5

Тема 1. Математическое моделирование физических процессов

Введение. Цель и задачи курса. Место курса в процессе подготовки специалистов Литература.

Определение дифференциальных уравнений с частными производными. Уравнения гидродинамики и акустики, метод возмущений. Способы решения дифференциальных уравнений с частными производными.

Тема 2. Уравнения электростатики и магнитостатики.

Скалярное поле, производная по направлению, градиент. Векторное поле, дивергенция, ротор. Уравнения Максвелла. Применимость электростатического и магнитостатического подходов.

Тема 3. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.

Характеристическое уравнение, интегралы уравнения, называемые характеристиками. Выражения для преобразованных коэффициентов.

Тема 4. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами.

Канонические формы линейных уравнений с частными производными эллиптического типа. Канонические формы линейных уравнений с частными производными гиперболического типа.

Канонические формы линейных уравнений с частными производными параболического типа.

Тема 5. Вывод основных уравнений ММФ.

Вывод уравнения малых колебаний струны, мембраны. Вывод уравнения продольных колебаний стержней. Энергия колебаний.

Тема 6. Граничные и начальные условия.

Граничные первого, второго и третьего типов. Начальные условия. Теорема единственности. Задача Коши для уравнения свободных колебаний струны, метод Даламбера, частные случаи.

Тема 7. Понятие корректности краевой задачи.

Понятие корректности краевой задачи. Требования для обеспечения корректности математической задачи. Условия Ж. Адамара.

Тема 8. Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях струны.

Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях струны. Интерпретация решения. Неоднородное уравнение. Общая схема метода разделения переменных.

Тема 9. Собственные функции, свойства.

Собственные функции задач ММФ, их свойства. Разложение функций в ряд Фурье по собственным функциям задачи Штурма-Лиувилля. Схема решения смешанной задачи и при других однородных граничных условиях.

Тема 10. Уравнения теплопроводности.

Вывод уравнения теплопроводности. Метод Фурье решения краевой задачи для однородного и неоднородного уравнений теплопроводности. Применение метода на примере отдельных типовых задач.

Тема 11. Принцип максимума, теорема единственности. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности.

Принцип максимума в ММФ, теорема единственности решения. Применение преобразования Фурье для решения задачи Коши, формула Пуассона. Построение фундаментального решения уравнения теплопроводности.

Тема 12. Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач.

Преобразование Лапласа. Теория вычетов. Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач. Решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа.

Тема 13. Уравнение Лапласа, Пуассона.

Вид уравнений Лапласа и Пуассона. Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа, фундаментальные решения в пространстве и на плоскости. Решения краевой задачи для уравнения Лапласа внутри круга и вне него.

Тема 14. Формулы Грина.

Формулы Грина. Интегральное представление решений. Свойства гармонических функций, принцип максимума. Метод функций Грина для решения задач Дирихле и Неймана.

Тема 15. Элементы теории потенциала.

Элементы теории потенциала, объемный и поверхностный потенциал, интегральные уравнения, соответствующие краевым задачам. Задача Дирихле для круга. Интеграл Пуассона.

Тема 16. Распространение волн в пространстве.

Распространение волн в пространстве. Уравнение бегущей волны, сферические волны. Волновое уравнение, его решения. Фазовая и групповая скорость волны.

Тема 17. Основные задачи, приводящие к уравнению Гельмгольца.

Основные задачи, сводящиеся к уравнению Гельмгольца. Принцип максимума. Задача Дирихле для неоднородного неволнового уравнения Гельмгольца в шаре. Решение краевой задачи для однородного уравнения Гельмгольца с неоднородными граничными условиями.

Семестр 6

Тема 18. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца.

Решение краевой задачи для неоднородного уравнения Гельмгольца с однородными граничными условиями.

Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца в пространстве. Условия излучения Зоммерфельда. Краевые задачи внутри и вне шара.

Тема 19. Общее уравнение специальных функций.

Вывод общего уравнения для специальных функций.

Функции Бесселя, Ханкеля, Неймана, гипергеометрические и вырожденные гипергеометрические функции, сферические гармоники и некоторые другие специальные функции с единой точки зрения.

Уравнение гипергеометрического типа.

Тема 20. Поведение решения уравнения специальных функций в окрестности особой точки.

Регулярные и особые точки фазового пространства. Тип изолированной особой точки однозначного характера. Поведения решения уравнения специальных функций в окрестности особой точки.

Тема 21. Цилиндрические функции.

Уравнение Бесселя или уравнение цилиндрических функций. Аналитический подход. Цилиндрические функции Бесселя, Неймана, Ханкеля, их свойства.

Решение задачи о свободных колебаниях однородной круглой мембраны произвольного радиуса, закрепленной по краю с помощью цилиндрических функций.

Тема 22. Постановка краевых задач для уравнения Бесселя.

Постановка различных краевых задач для уравнения Бесселя. Свободные колебания круглой мембраны. Решение задачи о свободных колебаниях круглой мембраны, закрепленной по краю и колеблющейся в среде, сопротивление которой пропорционально скорости. Функции мнимого аргумента, их применение.

Тема 23. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца на плоскости, цилиндрические волны.

Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца на плоскости. Применение функций Бесселя и Неймана. Цилиндрические волны, их построение.

Тема 24. Звуковое поле шара, звуковое поле цилиндра с постоянной плотностью источников.

Решение краевой задачи в виде разложения решений однородного уравнения Гельмгольца, удовлетворяющих условию излучения на бесконечности.

Решение краевой задачи для неоднородного уравнения Гельмгольца с однородными граничными условиями.

Звуковое поле шара, звуковое поле цилиндра с постоянной плотностью источников.

Тема 25. Полиномы Лежандра.

Полиномы Лежандра, их производящая функция. Рекуррентные формулы, свойства. Нули полиномов. Ортогональность полиномов. Уравнение Лежандра.

Тема 26. Присоединенные функции Лежандра и ортогональные многочлены.

Присоединенные функции Лежандра. Ортогональные многочлены Чебышева-Эрмита и Чебышева-Лагерра. Нетривиальное решение уравнения Лежандра.

Тема 27. Сферические функции.

Понятие ортогональности и нормированности функций. Сферические функции. Формула Родрига. Запись сферических функций с помощью присоединенных полиномов Лежандра.

Тема 28. Задача Дирихле для сферы.

Объёмный потенциал. Потенциал простого слоя. Нормальные производные потенциала простого слоя. Задача Дирихле для сферы.

Тема 29. Собственные колебания сферы.

Колебания сферы. Частное решение, удовлетворяющее краевым условиям. Учёт граничных условий. Собственные колебания сферы.

Тема 30. Метод стационарной фазы.

Метод стационарной фазы. Предельные значения решений.

Тема 31. Метод перевала.

Метод перевала. Седловые точки, рельеф функции. Линии Стокса.

Тема 32. Решение уравнения Штурма – Лиувилля с заданными краевыми условиями.

Задачу отыскания нестационарного температурного поля в плоском слое конечной толщины. Эволюция температурного поля в плоском слое. Решение уравнения Штурма – Лиувилля с заданными краевыми условиями.

Тема 33. Метод сеток решения уравнений в частных производных.

Метод сеток решения уравнений в частных производных. Устойчивость решений. Сходимость найденных решений.

Тема 34. Численные методы решения краевых и нестационарных задач.

Методы расщепления. Комбинированные подходы. Устойчивость решений. Численные методы решения различных краевых и нестационарных задач.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 5		
1	Математическое моделирование физических процессов.	2	1
2	Уравнения электростатики и магнитостатики.	2	-
3	Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.	2	-
4	Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами.	2	1
5	Вывод основных уравнений ММФ.	2	-
6	Граничные и начальные условия.	2	-
7	Понятие корректности краевой задачи.	2	1
8	Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях струны.	2	-
9	Собственные функции, свойства.	2	1
10	Уравнения теплопроводности.	2	-
11	Принцип максимума, теорема единственности. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности.	2	-
12	Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач.	2	1
13	Уравнение Лапласа, Пуассона.	2	-
14	Формулы Грина.	2	-
15	Элементы теории потенциала.	2	1
16	Распространение волн в пространстве.	2	-
17	Основные задачи, приводящие к уравнению Гельмгольца.	2	-
	Семестр 6		
18	Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца.	2	1
19	Общее уравнение специальных функций.	2	-
20	Поведение решения уравнения специальных функций в окрестности особой точки.	2	1
21	Цилиндрические функции.	2	-
22	Постановка краевых задач для уравнения Бесселя.	2	1

23	Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца на плоскости, цилиндрические волны.	2	-
24	Звуковое поле шара, звуковое поле цилиндра с постоянной плотностью источников.	2	1
25	Полиномы Лежандра.	2	-
26	Присоединенные функции Лежандра и ортогональные многочлены.	2	-
27	Сферические функции.	2	1
28	Задача Дирихле для сферы.	2	-
29	Собственные колебания сферы.	2	-
30	Метод стационарной фазы.	2	1
31	Метод перевала.	2	-
32	Решение уравнения Штурма – Лиувилля с заданными краевыми условиями.	2	-
33	Метод сеток решения уравнений в частных производных.	2	-
34	Численные методы решения краевых и нестационарных задач.	2	-
Итого:		68	12

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
	Семестр 5		
1	Приведение к каноническому виду.	4	1
2	Метод Даламбера.	4	1
3	Решение волнового уравнения методом Тейлора.	4	1
4	Решение краевой задачи методом Фурье.	8	1
5	Операционное исчисление.	6	1
6	Простейший вариант метода разделения переменных.	6	1
	Семестр 6		
7	Метод разделения переменных для параболических уравнений.	6	1
8	Цилиндрические функции и решение смешанных задач для уравнений гиперболического и параболического типов.	6	1
9	Решения краевой задачи для уравнения Лапласа внутри круга и вне его.	7	2
Итого:		51	10

4.5. Лабораторные работы

Не предусмотрены учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
	Семестр 5			
1	Классификация дифференциальных уравнений в	Подготовка к практическим занятиям	4	12

	частных производных второго порядка.	Подготовка к тестированию	2	12
2	Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами.	Решение задач домашних заданий	4	12
3	Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях струны.	Решение задач домашних заданий	4	12
4	Собственные функции, свойства.	Подготовка к практическим занятиям	4	12
		Подготовка к тестированию	2	12
5	Уравнения теплопроводности.	Решение задач домашних заданий	4	12
6	Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач.	Подготовка к практическим занятиям	4	12
		Подготовка к тестированию	4	12
7	Уравнение Лапласа, Пуассона.	Решение задач домашних заданий	1	12
8	Формулы Грина.	Решение задач домашних заданий	4	12
9	Распространение волн в пространстве.	Подготовка к практическим занятиям	1	12
		Подготовка к тестированию	3	18
	Семестр 6			
10	Цилиндрические функции.	Подготовка к практическим занятиям	1	7
		Подготовка к тестированию	3	7
11	Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца на плоскости, цилиндрические волны.	Подготовка к практическим занятиям	1	7
		Подготовка к тестированию	3	7
12	Полиномы Лежандра.	Подготовка к практическим занятиям	1	7
		Подготовка к тестированию	3	9
13	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	36	36
14	Курсовая работа	Подготовка и оформление курсовой работы	36	36
Итого:			133	230

4.7. Курсовые работы/проекты

Учебным планом предусмотрено выполнение студентами курсовой работы в 6 семестре обучения. Тематика курсовой работы – решить задачу Дирихле для уравнения Лапласа в круге в среде MAPLE.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

контрольные вопросы;

вопросы коллоквиумов;
тесты;
вопросы к экзамену и зачету.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в 5 семестре обучения в форме зачета, в 6 семестре обучения – в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы), защита курсовой работы. Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В 5 семестре обучения в экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

В 6 семестре обучения в экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную	отлично (5)

литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Барашков В.А. Методы математической физики [Электронный ресурс] / Барашков В.А. - Красноярск: СФУ, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2497-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763824971.html>

2. Енин В.Н. Модели входных воздействий и элементов в электрических цепях [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / В.Н. Енин. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 39 с. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0452.html

б) Дополнительная литература:

1. Кудряшов С.Н. Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» [Электронный ресурс]: учебное пособие / Кудряшов С.Н. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2011. - 308 с. ISBN 978-5-9275-0879-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/556282>

2. Кудряшов Н.А. Методы нелинейной математической физики [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Н.А. Кудряшов. - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 368 с.: 60х90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-91559-088-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/247670>

3. Давыдов А.П. Методы математической физики. Классификация уравнений и постановка задач. Метод Даламбера [Электронный ресурс]: Курс лекций / Давыдов А.П., Злыднева Т.П. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 100 с.: 60х90 1/16 ISBN 978-5-16-105499-4 (online) - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/884637>

4. Горюнов А.Ф. Методы математической физики в примерах и задачах [Электронный ресурс]: Учебное пособие: В 2 томах Том 1 / Горюнов А.Ф. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 872 с.: 60х90 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-9221-1641-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=768673&spec=1>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Методы решения задач математической физики» (для студентов, обучающихся по направлению 11.03.04 “Электроника и нанoeлектроника”, профиль 11.03.04.02 “Электронные приборы и устройства”) / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2016 – 38 с.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Методы решения задач математической физики» (для студентов, обучающихся по направлению 11.03.04 “Электроника и нанoeлектроника”, профиль 11.03.04.02 “Электронные приборы и устройства”) / Сост.: Е.В. Никитин. – Луганск: Изд-во ЛГУ им. В. Даля, 2018 – 25 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Практические занятия проводятся с использованием компьютерной математической среды MAPLE.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанной компьютерной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт
фонда оценочных средств по учебной дисциплине
«Методы решения задач математической физики»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Тема 1 Математическое моделирование физических процессов	1
				Тема 2 Уравнения электростатики и магнитостатики	1
				Тема 3 Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка	1
				Тема 4 Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами	1
				Тема 5 Вывод основных уравнений ММФ	1
				Тема 6 Граничные и начальные условия	1
				Тема 7 Понятие корректности краевой задачи	1
				Тема 8 Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях струны	1
				Тема 9 Собственные функции, свойства	1
				Тема 10 Уравнения	1

				теплопроводности	
				Тема 11 Принцип максимума, теорема единственности. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности	1
				Тема 12 Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач	1
				Тема 13 Уравнение Лапласа, Пуассона	1
				Тема 14 Формулы Грина	1
				Тема 15 Элементы теории потенциала	1
				Тема 16 Распространение волн в пространстве	1
				Тема 17 Основные задачи, приводящие к уравнению Гельмгольца	1
				Тема 18 Фундаментальное решение уравнения Гельмгольца	2
				Тема 19 Общее уравнение специальных функций	2
				Тема 20 Поведение решения уравнения специальных функций в окрестности особой точки	2

			Тема 21 Цилиндрические функции	2
			Тема 22 Постановка краевых задач для уравнения Бесселя	2
			Тема 23 Фундаментальны е решения уравнения Гельмгольца на плоскости, цилиндрические волны	2
			Тема 24 Звуковое поле шара, звуковое поле цилиндра с постоянной плотностью источников	2
			Тема 25 Полиномы Лежандра	2
			Тема 26 Присоединенные функции Лежандра и ортогональные многочлены	2
			Тема 27 Сферические функции	2
			Тема 28 Задача Дирихле для сферы	2
			Тема 29 Собственные колебания сферы	2
			Тема 30 Метод стационарной фазы	2
			Тема 31 Метод перевала	2
			Тема 32 Решение уравнения Штурма – Лиувилля с заданными краевыми условиями	2

				Тема 33 Метод сеток решения уравнений в частных производных	2
				Тема 34 Численные методы решения краевых и нестационарных задач	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1	ПК-1.1. ПК-1.2. ПК-1.3.	Знать: определение дифференциальных уравнений с частными производными, классификацию дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка, понятие корректности краевой задачи, собственные функции, свойства, принцип максимума, теорему единственности, интегральное представление решений, уравнения электростатики и магнитостатики, а также математический аппарат и другие физические законы относящиеся к	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16, Тема 17, Тема 18, Тема 19, Тема 20, Тема 21, Тема 22, Тема 23, Тема 24, Тема 25, Тема 26, Тема 27, Тема 28, Тема 29, Тема 30, Тема 31,	Контрольные вопросы к курсовой работе, вопросы к практическим занятиям, тесты, вопросы к зачету, вопросы к экзамену

			описанию физических процессов, протекающих в материалах, компонентах и приборах электроники; Уметь: строить физические и математические модели на основе уравнений математической физики, теплопроводности, разложения функций в ряд Фурье по собственным функциям; применять методы математической физики и численные методы для моделирования физических процессов в приборах твердотельной электроники; Владеть: навыками применения аналитических методов решения краевых и нестационарных задач в компьютерном моделировании; навыками моделирования процессов теплопроводности и волновых процессов в среде MATLAB.	Тема 32, Тема 33, Тема 34, Практическое занятие 1, Практическое занятие 2, Курсовая работа на тему: Решение задачи Дирихле для уравнения Лапласа в круге в среде MAPLE.	
--	--	--	--	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Методы решения задач математической физики»

Контрольные вопросы к курсовой работе:

1. Приведите классификацию линейных дифференциальных уравнений с частными производными 2-го порядка.
2. В чем суть метода характеристик?
3. В чем суть метода Фурье для однородного гиперболического уравнения?
4. В чем состоит задача Штурма - Лиувилля и ее решение?
5. В чем суть метода Фурье для однородного параболического уравнения?
6. Что такое неоднородные уравнения?
7. Как сводят неоднородные граничные условия к однородным?
8. Запишите и поясните уравнение свободных малых колебаний бесконечной струны.
9. Перечислите характеристики квазилинейных уравнений второго порядка.
10. Приведите классификацию квазилинейных уравнений второго порядка
11. Что такое граничные (краевые) и начальные условия?
12. Назовите виды граничных условий.
13. Приведите пример задачи с начальными условиями.
14. Что такое начально-краевые задачи?
15. Что означает корректность постановки задач математической физики?
16. Перечислите известные вам методы решения дифференциальных уравнений.
17. В чем суть метода разделения переменных?
18. Сформулируйте теоремы сложения.
19. Перечислите специальные функции, используемые при решении дифференциальных уравнений математической физики.
20. Приведите пример задачи, моделируемой уравнениями гиперболического типа.
21. Запишите уравнения малых колебаний струны.
22. Запишите уравнения гидродинамики.
23. Запишите уравнения акустики.
24. В чем особенности применения метода разделения переменных при решении задач гиперболического типа?
25. Приведите пример задачи по теплопроводности, приводящей к уравнению параболического типа.
26. Сформулируйте линейную задачу о распространении тепла.
27. Запишите уравнение диффузии.
28. Каков общий вид уравнений эллиптического типа?
29. Приведите пример задачи, моделируемой уравнениями Лапласа.
30. Запишите уравнение Лапласа.
31. Как описывается стационарное тепловое поле?
32. Как описывается потенциальное течение несжимаемой жидкости?
33. Что такое потенциал стационарного и электростатического поля?
34. Что такое потенциал магнитостатического поля?
35. Перечислите методы решений уравнения Лапласа.
36. Приведите пример задачи, моделируемой уравнениями Гельмгольца.

- 37.Какова связь уравнения Гельмгольца с уравнениями гиперболического и параболического типов?
- 38.В чем состоит постановка внутренних краевых задач для уравнения Гельмгольца?
- 39.В чем состоит постановка внешних краевых задач для уравнения Гельмгольца?
- 40.Перечислите методы решения уравнений Гельмгольца.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к курсовой работе

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к практическим занятиям:

1. Определение дифференциальных уравнений с частными производными. Уравнения гидродинамики и акустики, метод возмущений
2. Уравнения электростатики и магнитостатики
3. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка.
4. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами.
5. Вывод уравнения малых колебаний струны, мембраны, продольных колебаний стержней, энергия колебаний.
6. Граничные и начальные условия.
7. Теорема единственности.
8. Задача Коши для уравнения свободных колебаний струны, метод Даламбера, частные случаи.
9. Понятие корректности краевой задачи.
- 10.Дисперсия волн.
- 11.Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях струны. Интерпретация решения.
- 12.Неоднородное уравнение.
- 13.Общая схема метода разделения переменных.
- 14.Собственные функции, свойства.

- 15.Разложение функций в ряд Фурье по собственным функциям задачи Штурма-Лиувилля.
- 16.Вывод уравнения теплопроводности.
- 17.Метод Фурье решения краевой задачи для однородного и неоднородного уравнений теплопроводности.
- 18.Принцип максимума, теорема единственности.
- 19.Применение преобразования Фурье для решения задачи Коши.
- 20.Формула Пуассона.
- 21.Фундаментальное решение уравнения теплопроводности.
- 22.Преобразование Лапласа.
- 23.Аналитические методы решения краевых и нестационарных задач.
- 24.Уравнение Лапласа, Пуассона.
- 25.Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа, фундаментальные решения в пространстве и на плоскости.
- 26.Формулы Грина.
- 27.Интегральное представление решений.
- 28.Свойства гармонических функций, принцип максимума.
- 29.Метод функций Грина для решения задач Дирихле и Неймана.
- 30.Элементы теории потенциала, объемный и поверхностный потенциал.
- 31.Интегральные уравнения, соответствующие краевым задачам.
- 32.Задача Дирихле для круга, интеграл Пуассона.
- 33.Распространение волн в пространстве.
- 34.Сферические волны.
- 35.Основные задачи, приводящие к уравнению Гельмгольца.
- 36.Принцип максимума.
- 37.Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца в пространстве.
- 38.Условия излучения Зоммерфельда.
- 39.Общее уравнение специальных функций.
- 40.Поведения решения уравнения специальных функций в окрестности особой точки.
- 41.Цилиндрические функции Бесселя, Неймана, Ханкеля, их свойства.
- 42.Постановка краевых задач для уравнения Бесселя.
- 43.Свободные колебания круглой мембраны.
- 44.Функции мнимого аргумента.
- 45.Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца на плоскости, цилиндрические волны.
- 46.Звуковое поле шара, звуковое поле цилиндра с постоянной плотностью источников.
- 47.Полиномы Лежандра.
- 48.Производящая функция, рекуррентные формулы, свойства.
- 49.Уравнение Лежандра.
- 50.Присоединенные функции Лежандра.
- 51.Ортогональные многочлены Чебышева-Эрмита и Чебышева-Лагерра.
- 52.Сферические функции.
- 53.Задача Дирихле для сферы.
- 54.Собственные колебания сферы.

- 55.Метод стационарной фазы.
- 56.Метод перевала.
- 57.Седловые точки, рельеф функции, линии Стокса.
- 58.Решение уравнения Штурма – Лиувилля с заданными краевыми условиями
- 59.Метод сеток решения уравнений в частных производных.
- 60.Численные методы решения краевых и нестационарных задач.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к практическим занятиям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. Условия, которые задают поведение искомой функции в заданный момент времени во всех точках области изменения пространственных переменных называются условиями:
 - А) граничными.
 - Б) начальными.
 - В) первого рода.
 - Г) Коши-Римана.
2. Уравнение переноса в математической физике является дифференциальным уравнением с частными производными:
 - А) первого порядка.
 - Б) второго порядка.
 - В) третьего порядка.
 - Г) четвертого порядка.
3. Укажите название дифференциального уравнения с частными производными, которое является линейным относительно старших производных:

- А) каноническое.
- Б) характеристическое.
- В) квазилинейное.
- Г) однородное.

4. Задачей Коши называется задача отыскания решения дифференциального уравнения, удовлетворяющая условиям:

- А) граничным.
- Б) начальным.
- В) начальным и граничным.
- Г) однородным.

5. При выводе волнового уравнения используется закон:

- А) сохранения импульса.
- Б) сохранения энергии.
- В) сохранения заряда.
- Г) второй закон Ньютона.

6. Плавность колебаний струны означает:

- А) непрерывность графика кривой.
- Б) начальные скорости отсутствуют.
- В) периодичность графика кривой.
- Г) маленький угол между касательной к графику кривой и осью абсцисс.

7. Собственные функции задач Штурма-Лиувилля, полученные методом разделения переменных решения линейных краевых задач математической физики, являются функциями:

- А) линейными.
- Б) однородными.
- В) гармоническими.
- Г) специальными.

8. Все точки струны в стоячей воде колеблются с частотой:

- А) убывающей.
- Б) одинаковой.
- В) возрастающей.
- Г) периодической.

9. Закон сохранения массы используется при выводе уравнения:

- А) теплопроводности.
- Б) телеграфного.
- В) волнового.
- Г) диффузии.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
---------------------------------------	---------------------

5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Вывод уравнений движения идеальной жидкости.
2. Система уравнений акустики.
3. Метод возмущений.
4. Система уравнений Максвелла.
5. Классификация уравнений в частных производных второго порядка.
6. Характеристическое уравнение.
7. Вывод уравнений малых колебаний струны. Граничные и начальные условия.
8. Метод Даламбера решения задачи Коши для бесконечной струны.
9. Прямая и обратная плоские волны.
10. Фазовая плоскость, характеристики.
11. Метод Фурье решения задачи о свободных колебаниях конечной струны.
12. Решение задачи о вынужденных колебаниях конечной струны методом Фурье.
13. Задача Штурма-Лиувилля.
14. Свойства собственных функций и собственных значений.
15. Вывод уравнения теплопроводности.
16. Решение задач о теплопроводности стержня конечной длины методом Фурье.
17. Функция источника.
18. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности с помощью преобразования Фурье, формула Пуассона.
19. Фундаментальные решения уравнения Лапласа на плоскости и пространстве.
20. Вывод формул Грина.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (зачет)

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
Обучающийся глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	зачтено
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках,	

определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	не зачтено

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Свойства гармонических функций.
2. Интегральное представление решений.
3. Функция Грина для задач Дирихле и Неймана.
4. Объемный и поверхностный потенциалы.
5. Задача Дирихле для круга, прямоугольника.
6. Распространение волн в пространстве.
7. Распространение волн в пространстве.
8. Сферические волны.
9. Задачи, приводящие к уравнению Гельмгольца.
10. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца в пространстве.
11. Условия излучения Зоммерфельда.
12. Решение уравнения Бесселя.
13. Свойства цилиндрических функций Бесселя, Неймана, Ханкеля.
14. Задача о свободных колебаниях круглой мембраны.
15. Модифицированные функции Бесселя.
16. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца на плоскости.
17. Задачи о звуковом поле шара и цилиндра с постоянной плотностью источников.
18. Полиномы Лежандра, уравнение Лежандра.
19. Полиномы Чебышева-Лагерра, Чебышева-Эрмита.
20. Решение задачи Дирихле для сферы.
21. Задача о собственных колебаниях сферы.
22. Метод сеток решения краевых задач для уравнений в частных производных.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его

	излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)