

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет**  
**им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ**  
**КАФЕДРА АЛГЕБРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель образовательной  
программы \_\_\_\_\_ **А.Х. Журтов**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ИФ и М  
\_\_\_\_\_ **Б.И. Кунижев**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2022 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«НЕКЛАССИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ»**

(код и наименование дисциплины)

Направление подготовки

01.03.01 - Математика

(код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки

Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

**Нальчик 2022**

Рабочая программа дисциплины «Неклассические уравнения математической физики» /сост. В.А. Водахова. – Нальчик: КБГУ, 2022. – 42 с.

Рабочая программа предназначена для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 01.03.01 – Математика, профиль «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление» 8 семестра, 4 курса.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.01 – Математика (уровень бакалавриата) утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. №8 (Зарегистрировано в Минюсте России 06 февраля 2018 г. №49941).

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины .....	5
4. Содержание и структура дисциплины .....	6
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	10
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	28
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	30
7.1. Нормативно-законодательные акты .....	30
7.2. Основная литература.....	30
7.3. Дополнительная литература .....	30
7.4. Периодические издания .....	31
7.5. Интернет-ресурсы .....	31
7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы.....	33
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	38
8.1. Требования к материально-техническому обеспечению .....	38
8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья .....	39
Лист изменений (дополнений) в рабочую программу.....	41
Приложение 1 .....	42

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Тематика курса обусловлена важностью проблемы уравнений смешанного типа, которые стали объектами систематических исследований с конца сороковых годов прошлого столетия.

Теория краевых задач для уравнений смешанного типа в настоящее время является одним из важнейших разделов теории дифференциальных уравнений с частными производными. Это обусловлено как непосредственными связями уравнений смешанного типа с проблемами теории сингулярных интегральных уравнений, теории интегральных преобразований и специальных функций, так и прикладными задачами механики и математической физики, сводящимся к таким уравнениям.

Основы теории были заложены в трудах Ф. Трикоми и С. Геллерстедта. Возникшие в приложениях проблемы околосвукового течения сжимаемой среды в плоской постановке и безмоментной теории оболочек описываются уравнениями смешанного типа второго порядка, для которых как задача Трикоми, так и ее математические обобщения имеют вполне определенный физический смысл.

Советские математики внесли существенный вклад в развитие теории уравнений смешанного типа. Ф.И. Франкль обнаружил важные приложения задачи Трикоми и других родственных ей задач в транссвуковой газовой динамике, а именно: к теории установившихся до- и сверхзвуковых течений. Сюда относится, в частности, задача обтекания крыла самолета при скоростях, близких к скорости звука.

Академик И.Н. Векуа указал на важность проблемы уравнений смешанного типа при решении задач, возникающих в теории бесконечно малых изгибаний поверхностей, а также в безмоментной теории оболочек с кривизной переменного знака. А.В. Бицадзе получил существенно новые результаты для модельного уравнения смешанного типа.

Известно, что в задаче Трикоми характеристики не являются равноправными как носители граничных данных. Это вызвало принципиальные затруднения при построении многомерного аналога задачи Трикоми. В связи с этим А.В. Бицадзе была выдвинута проблема отыскания корректной постановки краевых задач для уравнений смешанного типа, когда участки границы не являются равноправными как носители краевых данных.

В этом направлении, начиная с 1969г., появилось ряд работ как в отечественной, так и в зарубежной литературе, где для уравнений смешанного типа рассматривались краевые задачи со смещением по терминологии А.М. Нахушева и задачи типа задачи Бицадзе-Самарского. Эти задачи явились обобщением задачи Трикоми и содержали широкий класс корректных самосопряженных задач.

Актуальность проблемы уравнений смешанного типа определяет цели и задачи чтения дисциплины.

**Цель курса** – ознакомить студентов с важнейшими результатами в области краевых задач для уравнений смешанного эллипτικο-гиперболического типа; сформулировать проблемы, оставшиеся от прошлого и нацелить на их решение;

**Задачи** – обучить методам доказательства существования и единственности решения краевых задач для уравнений смешанного типа, необходимым как для обучения другим учебным дисциплинам, так и для формирования будущего специалиста – математика, умеющего решать прикладные задачи из различных областей знаний.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

В структуре ОПОП направления «Математика» дисциплина «Неклассические уравнения математической физики» относится к дисциплинам по выбору первого блока вариативной части.

Приступая к изучению данной дисциплины обучающийся должен обладать следующими профессиональными компетенциями, определенными ВО по направлению подготовки 01.03.01– Математика (квалификация (степень) "бакалавр"):

- определением общих форм, закономерностей и инструментальных средств отдельной предметной области;

- умением понять поставленную задачу;
- умением формулировать результат;
- умением строго доказать утверждение;
- умением на основе анализа увидеть и корректно сформулировать результат;
- умением самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;
- умением грамотно пользоваться языком предметной области;
- умением ориентироваться в постановках задач;
- знанием корректных постановок классических задач;
- пониманием корректности постановок задач;
- глубоким пониманием сути точности фундаментального знания;
- способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления;
- выделением главных смысловых аспектов в доказательствах.

Для освоения данной дисциплины, необходимо знание математического анализа, теории функций комплексного переменного, уравнений в частных производных.

В дальнейшем знание этой дисциплины будет необходимо при изучении следующих курсов:

- Локальные и нелокальные задачи для уравнений смешанного эллиптического-гиперболического типа;
- Неклассические уравнения математической физики;
- Метод интегральных уравнений решения краевых задач.

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В совокупности с другими дисциплинами профиля «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное уравнение» дисциплина «Неклассические уравнения математической физики» направлена на формирование следующих профессиональных компетенций (ПК) в соответствии с ФГОС ВО 3++ и ОПОП ВО по направлению подготовки 01.03.01 Математика (уровень бакалавриата):

*профессиональные компетенции по стандарту (ПКС):*

**ПКС-3** Способен публично представлять собственные и известные научные результаты.

*Индикаторы достижения компетенции ПКС-3:*

**ПКС-3.1.** Способен публично представлять результаты собственных исследований.

**ПКС-3.2.** Способен изучить новейшие результаты исследований и применить их в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

*знать* фундаментальных разделов математики (математический анализ, аналитическую геометрию, линейную алгебру, дифференциальные уравнения, численные методы).

*уметь* применять математические методы при решении практических задач в профессиональной деятельности; применять теоретические знания при решении практических задач,

*владеть* культурой мышления, навыками решения практических задач, навыками работы с математической литературой, математическими знаниями и методами, математическим аппаратом, необходимым для логического осмысления и обработки информации в профессиональной деятельности.

#### 4. Содержание и структура дисциплины

**Таблица 1.** Содержание дисциплины перечень оценочных средств и контролируемых компетенций

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
1	Некоторые классы нелинейных уравнений Некоторые классы нелинейных уравнений	Структурные свойства решений некоторых классов нелинейных уравнений в частных производных. Общие замечания.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Случай одного уравнения. Случай системы уравнений.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Уравнение Рунда и Барта. Пример уравнения эллиптического типа.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
2	Краевые задачи математической физики	Задача Дирихле. Задача Неймана. Пример уравнения смешанного типа.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Вывод основного уравнения Дюбрейль – Жакотен. Постановка общей задачи.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Случай прямолинейной полосы. Редукция к задаче Дирихле для уравнения Гельмгольца. Построение решения.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Вариант уравнений Максвелла-Эйнштейна для осесимметрического стационарного гравитационного поля. Построение классов решений уравнений Максвелла-Эйнштейна.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Вариант Эрнста уравнений Максвелла-Эйнштейна и построение его решений. Замечание по поводу краевых задач.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
3	Задача Франкля	Постановка задачи Франкля для уравнения Чаплыгина. Доказательство единственности решения задачи.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Доказательство существования решения задачи Франкля.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
4	Задачи Геллерстедта для уравнения	Задача $G_1$ . Единственность решения задачи. Доказательство существования решения.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК

	смешанного типа	Задача Геллерстедта $G_2$ . Доказательство единственности и существования решения.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
5	Краевые задачи для уравнения смешанного типа с двумя перпендикулярными линиями вырождения	Задача с дробными производными в краевом условии. Принцип экстремума. Доказательство существования решения задачи.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Нелокальная краевая задача для уравнения смешанного типа с двумя перпендикулярными линиями вырождения. Доказательство единственности решения задачи методом интегралов энергии. Доказательство существования решения задачи методом интегральных уравнений	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
6	Задача Неймана-Трикоми.	Доказательство существования и единственности решения задачи.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
7	Краевые задачи со смещением для уравнения Лаврентьева – Бицадзе.	Задачи типа задачи Бицадзе–Самарского для уравнения Лаврентьева–Бицадзе и Трикоми.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК
		Задачи со смещением и задачи Бицадзе–Самарского для уравнения Геллерстедта, когда на эллиптической части границы области задано условие Дирихле или конормальная производная от решения.	ПКС-3	ПР, ДЗ, РК

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: практические работы (ПР), выполнение курсового проекта (КП), контрольной работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

### Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов)

**Таблица 2.** Структура дисциплины «Неклассические уравнения математической физики»

Вид работы	Трудоемкость, часы	
	8 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия (ПЗ)	48	48
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Самостоятельное изучение разделов	39	39
Контрольная работа (К)	6	6
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

**Таблица 3. Лекционные занятия**

№	Тема
1	Структурные свойства решений некоторых классов нелинейных уравнений в частных производных. Общие замечания.
2	Случай одного уравнения. Случай системы уравнений.
3	Уравнение Рунда и Барта. Пример уравнения эллиптического типа.
4	Задача Дирихле. Задача Неймана. Пример уравнения смешанного типа.
5	Вывод основного уравнения Дюбрейль – Жакотен. Постановка общей задачи.
6	Случай прямолинейной полосы. Редукция к задаче Дирихле для уравнения Гельмгольца. Построение решения.
7	Вариант уравнений Максвелла-Эйнштейна для осесимметрического стационарного гравитационного поля. Построение классов решений уравнений Максвелла-Эйнштейна.
8	Вариант Эрнста уравнений Максвелла-Эйнштейна и построение его решений. Замечание по поводу краевых задач.
9	Постановка задачи Франкля для уравнения Чаплыгина. Доказательство единственности решения задачи.
10	Доказательство существования решения задачи Франкля.
11	Задача $G_1$ . Единственность решения задачи. Доказательство существования решения. Задача Геллерстедта $G_2$ . Доказательство единственности и существования решения.
12	Задача с дробными производными в краевом условии. Принцип экстремума. Доказательство существования решения задачи.
13	Доказательство однозначной разрешимости краевой задачи для уравнения эллиптико-гиперболического типа.
14	Доказательство существования и единственности решения задачи.
15	Задачи типа задачи Бицадзе–Самарского для уравнения Лаврентьева–Бицадзе и Трикоми.

**Таблица 4. Практические занятия**

№	Тема
1	Структурные свойства решений некоторых классов нелинейных уравнений в частных производных. Общие замечания.
2	Случай одного уравнения. Случай системы уравнений.
3	Уравнение Рунда и Барта. Пример уравнения эллиптического типа.
4	Задача Дирихле. Задача Неймана. Пример уравнения смешанного типа.
5	Вывод основного уравнения Дюбрейль – Жакотен. Постановка общей задачи.
6	Случай прямолинейной полосы. Редукция к задаче Дирихле для уравнения Гельмгольца. Построение решения.
7	Вариант уравнений Максвелла-Эйнштейна для осесимметрического стационарного гравитационного поля. Построение классов решений уравнений Максвелла-Эйнштейна.
8	Вариант Эрнста уравнений Максвелла-Эйнштейна и построение его решений. Замечание по поводу краевых задач.
9	Постановка задачи Франкля для уравнения Чаплыгина. Доказательство единственности решения задачи.
10	Доказательство существования решения задачи Франкля.
11	Задача $G_1$ . Единственность решения задачи. Доказательство существования решения.
12	Задача Геллерстедта $G_2$ . Доказательство единственности и существования решения.



13	Задача с дробными производными в краевом условии. Принцип экстремума. Доказательство существования решения задачи.
14	Нелокальная краевая задача для уравнения смешанного типа с двумя перпендикулярными линиями вырождения. Доказательство единственности решения задачи методом интегралов энергии. Доказательство существования решения задачи методом интегральных уравнений
15	Доказательство однозначной разрешимости краевой задачи для уравнения эллиптического-гиперболического типа.
16	Доказательство существования и единственности решения задачи.
17	Задачи типа задачи Бицадзе – Самарского для уравнения Лаврентьева – Бицадзе и Трикоми.
18	Задачи со смещением и задачи Бицадзе – Самарского для уравнения Геллерстедта, когда на эллиптической части границы области задано условие Дирихле или конормальная производная от решения.
19	Понятие сингулярных отображений двумерных римановых многообразий.
20	Основное свойство сингулярных отображений. Линейная краевая задача к нелинейной краевой задаче для уравнения Лапласа

**Таблица 6.** Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Общая смешанная задача с отходом от характеристики (задача N).
2.	Редукция к задаче Дирихле для уравнения Гельмгольца. Построение решения.
3.	Построение классов решений уравнений Максвелла-Эйнштейна.
4.	Вариант Эрнста уравнений Максвелла-Эйнштейна и построение его решений. Замечание по поводу краевых задач.
5.	Задача Коши с аналитическими данными.
6.	Задача Коши для одной квазилинейной гиперболической системы.
7.	Задача с нелокальными условиями на характеристиках для смешанного эллиптического-гиперболического уравнения.
8.	Краевая задача со смещением для уравнения $sign y  y ^m u_{xx} + u_{yy} = 0$ .
9.	Краевые задачи со смещением для уравнения Бицадзе-Лыкова.
10.	Задача типа задачи Бицадзе – Самарского для обобщенного уравнения Трикоми.
11.	Задача с нелокальными условиями на характеристиках для уравнения влагопереноса.
12.	Задача типа задачи Бицадзе – Самарского для уравнения смешанного типа, порядок которого вырождается вдоль линии изменения типа.
13.	Задачи с оператором Сайхо в краевом условии для уравнений смешанного типа.
14.	Нелокальные краевые задачи для уравнения Бицадзе – Лыкова.
15.	Обобщенное уравнение переноса и дробные производные.
16.	Начально-краевая задача для уравнения диффузии дробного порядка.
17.	Задачи типа задачи Бицадзе – Самарского для смешанных уравнений с перпендикулярными линиями вырождения.
18.	Задача Бицадзе – Самарского для смешанно – составного уравнения.
19.	Задача типа задачи Бицадзе – Самарского для уравнения $sign y  y ^m u_{xx} + u_{yy} = 0$ .
20.	Линейная краевая задача к нелинейной краевой задаче для уравнения Лапласа.

## **5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

**5.1. Оценочные материалы для текущего контроля.** Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

*Текущий контроль* успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Неклассические уравнения математической физики» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом занятии. Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

### **5.1.1. Вопросы по темам дисциплины «Неклассические уравнения математической физики» (контролируемые компетенции ПКС-3)**

1. Определение области, связности множества.
2. Кривая Жордано.
3. Гамма и бэта функции Эйлера.
4. Операторы дробного в смысле Римана–Лиувилля интегро-дифференцирования.
5. Уравнение Фредгольма.
6. Альтернатива Фредгольма.
7. Уравнение Вольтерра.
8. Сингулярное интегральное уравнение с ядром Коши.
9. Индекс сингулярного оператора.
10. Регуляризация сингулярного уравнения методом Карлемана – Векуа.
11. Формулы Сохоцкого–Племеля.
12. Определение типов дифференциальных уравнений с частными производными.
13. Нахождение характеристик уравнений с частными производными и аффиксов точек их пересечения.
14. Принцип экстремума Бицадзе.
15. Принцип экстремума Заремба–Жиро.
16. Принцип экстремума Хопфа.
17. Принцип экстремума Агмона–Ниренберга–Проттера.
18. Принцип экстремума для операторов дробного дифференцирования.
19. Уравнение Абеля и формула его обращения.
20. Постановка задач Коши, Гурса.
21. Постановка задачи Дирихле.
22. Функция Грина.
23. Постановка задачи Трикоми для уравнений Лаврентьева–Бицадзе и Трикоми.
24. Метод Трикоми доказательства существования решения задачи.
25. Метод интегралов энергии доказательства единственности решения задачи.
26. Постановка задач Геллерстедта  $G_1, G_2$ .
27. Постановка задачи Франкля.
28. Аналог задачи Трикоми в конечной трехмерной области.

29. Краевая задача для уравнения смешанного типа с перпендикулярными линиями вырождения.
30. Краевая задача для уравнения смешанного типа второго рода.
31. Постановка задачи со смещением для уравнения Лаврентьева–Бицадзе.
32. Задача типа задачи Бицадзе – Самарского для уравнения Трикоми.
33. Задача со смещением для уравнения Геллерстедта.
34. Задача с дробными производными в краевом условии для уравнения Трикоми.
35. Задача Трикоми со спектральным параметром.

**Критерии формирования оценок (оценивания) по результатам устного опроса.**

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Неклассические уравнения математической физики». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять изучаемые методы при решении практических задач.

В результате *устного опроса* знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

**Таблица 7. Шкала оценивания**

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - полно излагает изученный материал, знает все формулы, применяемые методы; - понимает материал, может обосновать свои суждения, применить знания при решении практических задач, а также заданий для самостоятельного выполнения; - излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.
4	Обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для «5» баллов, но допускает несущественные ошибки, которые сам же исправляет, и некоторые недочёты в последовательности и оформлении излагаемого материала.
3	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по данной теме, но: - излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий, знаний методов; - не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и применять методы; - излагает материал непоследовательно, допускает ошибки.
2	Обучающийся обнаруживает существенное незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.
1	Обучающийся обнаруживает незнание некоторой части раздела изучаемого материала, допускает существенные ошибки в формулировке.
0	Обучающийся обнаруживает незнание большей части раздела изучаемого материала и неумение применять их при решении практических задач.

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

**5.1.2. Оценочные материалы для самостоятельной работы обучающегося ( типовые задачи) (контролируемые компетенции ПКС-3)**

Перечень типовых задач для самостоятельной работы сформирован в соответствии с тематикой практических занятий по дисциплине «Неклассические уравнения математической физики».

Самостоятельная работа оценивается степенью освоения вопросов для самостоятельного изучения (см. таблицу 6) и индивидуальным выполнением заданий к практическим занятиям.

### Задание 1.

1. Для уравнения  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу Коши  $U(x,0) = \tau(x), U_y(x,0) = \nu(x)$ .
2. Для уравнения  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу Коши-Гурса  $U|_{AC} = \psi(x), U_y(x,0) = \nu(x)$ .
3. Для уравнения  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу Гурса  $U|_{AC} = \phi(x), U|_{BC} = \psi(x)$ .
4. Для уравнения  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задача Дарбу  $U(x,0) = \tau(x), U|_{BC} = \psi(x)$ .
5. Для уравнения  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу  $U(x,0) = \tau(x), a(x)U[\theta_0(x)] + b(x)U[\theta_1(x)] = c(x)$ .

### Задание 2.

1. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :  
 $u(x,y) = e^{xy} + x^4 y$ .
2. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :  
 $(u_x)^4 u_y - (u_y)^2 u_{xx} - 2u_x + 5u_y = 0$ .
3. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :  
 $xu_{xx} - 3yu_{yy} = xy - 3$ .
4. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :  
 $3u_x - 5u_{xy} + 2u_{yy} = 0$   
 $u(x,y)|_{y=x} = \frac{x}{1+x^2}; \quad u_y(x,y)|_{y=x} = \sin x$ .
5. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :  
 $u_x = \alpha^2 u_{xx} - \beta u$   
 $u(0,t) = u_x(l,t) = 0; \quad u(x,0) = \sin \frac{\pi x}{2l}$ .

### Задание 3.

1. Найти общее решение дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} (x^2 + x)y' &= 2y + 1 & y' &= \frac{x^2}{y^2} - \frac{y}{x} & y' + 3y &= e^{2x} & y' + y &= xy^2 \\ y' \cdot \operatorname{tg} y &= \operatorname{ctg} x & x^2 - y^2 + 2xy \cdot y' &= 0 & y' + xy &= 3x & y' - x^3 y &= x^4 y^2 \end{aligned}$$

2. Найти частное решение дифференциальных уравнений:

$$y'' - 2y' + y = e^{2x} \quad y'' - 4y = 8x^3 \quad y'' + 3y' + 2y = \sin 2x + 2 \cos 2x \quad y'' + y = x + 2e^x$$

$$y'' + 4y' + 5y = 5x^2 - 32x + 5 \quad y'' + 5y' + 6y = e^{-x} + e^{-2x} \quad y'' - 4y' + 3y = xe^x$$

3. Определить тип уравнения:

$$yU_{xx} + U_{yy} = 0 \quad \text{sign} y \cdot U_{xx} + U_{yy} = 0 \quad y^2 U_{xx} - U_{yy} + aU_x = 0, |a| \leq 1$$

$$AU_{xx} + 2BU_{xy} + CU_{yy} + F(x, y, U, U_x, U_y) = 0$$

4. Определить порядок уравнения:

$$U_{x_1} + U_{x_2} + U_{x_3} + U^2 = 0 \quad U_{x_1 x_2} + U_{x_2 x_3} + U_{x_1 x_3} + U^3 = 0 \quad U_{x_1 x_2 x_3} + U_{x_1 x_3} + U_{x_2} + U^4 = 0$$

$$U_{x_1 x_2} - U_{x_2 x_3} + U_{x_1 x_2 x_3} = \cos(x_1 x_3) \quad U_{x_1 x_2} U_{x_3} + U_{x_2 x_3} + U_{x_2} + \sin U = 0$$

5. Найти характеристики уравнения:

$$U_{xx} - 2U_{xy} + U_{yy} + 9U_x + 9U_y - 9U = 0 \quad U_{xx} + U_{xy} - 2U_{yy} - 3U_x - 15U_y = 0$$

$$U_{xx} + 4U_{xy} + 10U_{yy} - 24U_x + 42U_y = 0 \quad U_{xx} - 4U_{xy} + 5U_{yy} + 3U_x + U_y + U = 0$$

$$U_{xx} - 6U_{xy} + 9U_{yy} - U_x + 2U_y = 0$$

#### Задание 4.

1. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$ :

$$u(x, y) = \cos(xy) + x^2 y.$$

2. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$ :

$$(u_x)^3 u_{xy} + \cos^5(u_x u_y) = 0.$$

3. Определить тип уравнения:

$$9u_{xx} - 6u_{xy} + u_{yy} - u_x = 3.$$

4. Решить задачу Коши

$$e^x u_{xy} - u_{yy} + u_y = x e^{2y}$$

$$u(x, 0) = \sin x, \quad u_y(x, 0) = \frac{1}{1+x^2}.$$

5. В полу-полосе  $0 < x < l, t > 0$  решить задачу:

$$u_t = a^2 u_{xx} - \beta u$$

$$u(0, t) = u(l, t) = 0; \quad u(x, 0) = \varphi(x).$$

#### Задание 5.

1. Для уравнения  $U_{xx} - U_{yy} = 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0, 1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу  $U(x, 0) = \tau(x), U_y(x, 0) = \nu(x)$ .

2. Для уравнения  $U_{xx} - U_{yy} = 0$  в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0, 1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу  $U|_{AC} = \psi(x), U_y(x, 0) = \nu(x)$ .

3. Уравнение  $U_{xx} + U_{yy} = 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и отрезком  $AB \equiv (0, 1)$  прямой  $y = 0$ . Решить задачу  $U|_{\sigma} = \varphi(s), U(x, 0) = \tau(x)$ .

4. Уравнение  $U_{xx} + U_{yy} = 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и отрезком  $AB \equiv (0, 1)$  прямой  $y = 0$ . Решить задачу  $U|_{\sigma} = \varphi(s), U_y(x, 0) = \nu(x)$ .

5. Уравнение  $U_{xx} + U_{yy} = 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$ . Решить задачу  $U(x,0) = \tau(x), A_s[U]_\sigma = \varphi(s)$ .

### Задание 6.

1. Уравнение  $y^m U_{xx} + U_{yy} = 0, m > 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$ . Решить задачу  $U|_\sigma = \varphi(s), U(x,0) = \tau(x)$ .

2. Уравнение  $\text{sign} y |y|^m U_{xx} + U_{yy} = 0, m > 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и характеристиками  $AC, BC$  в полуплоскости  $y < 0$ , выходящими из точек  $A(0;0), B(1;0)$ . Решить задачу  $A_s[U]_\sigma = \varphi(s), U|_{AC} = \psi(x)$ .

3. Уравнение  $\text{sign} y |y|^m U_{xx} + U_{yy} = 0, m > 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и характеристиками  $AC, BC$  в полуплоскости  $y < 0$ , выходящими из точек  $A(0;0), B(1;0)$ . Решить задачу  $U|_\sigma = \varphi(s), \alpha(x) D_{0x}^a U[\theta_0(x)] + \beta(x) D_{x1}^b U[\theta_1(x)] = c(x)$ .

4. Уравнение  $\text{sign} y |y|^m U_{xx} + U_{yy} = 0, m > 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и характеристиками  $AC, BC$  в полуплоскости  $y < 0$ , выходящими из точек  $A(0;0), B(1;0)$ . Решить задачу  $U|_\sigma = \varphi(s), \frac{d}{dx} U[\theta_0(x)] = \alpha(x) U(x,0) + \beta(x)$ .

5. Уравнение  $y U_{xx} + U_{yy} = 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и характеристиками  $AC, BC$  в полуплоскости  $y < 0$ , выходящими из точек  $A(0;0), B(1;0)$ . Решить задачу  $U|_\sigma = \varphi(s), \frac{d}{dx} U[\theta_0(x)] = \alpha(x) U(x,0) + \beta(x)$ .

6. Уравнение  $y^2 U_{xx} - U_{yy} + a U_x = 0, |a| \leq 1$  рассматривается в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу  $U(x,0) = \tau(x), U|_{BC} = \psi(x)$ .

7. Уравнение  $y^2 U_{xx} - U_{yy} + a U_x = 0, |a| \leq 1$  рассматривается в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Решить задачу  $U(x,0) = \tau(x), a(x) U[\theta_0(x)] + b(x) U[\theta_1(x)] = c(x)$ .

### Методические рекомендации по решению задач

Приступая к решению задач, необходимо внимательно изучить теоретический материал по темам, разобрать приводимые в теоретическом материале примеры. При выполнении заданий используются формулы и методы, представленные по каждой теме.

Цель заданий – сформировать навык решения практических задач.

### Критерии формирования оценок (оценивания) по заданиям для самостоятельной работы студента (типовые задачи).

Самостоятельное выполнение заданий на практических занятиях, а также вне аудитории является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Неклассические уравнения математической физики».

В результате *самостоятельной работы* знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

**Таблица 8. Шкала оценивания**

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, свободно использует необходимые формулы при решении задач; - знает все применяемые формулы; - может применять знания при решении задач для самостоятельного выполнения.
4	Обучающийся - даёт ответ, удовлетворяющий требованиям; - твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач; - сам исправляет свои несущественные ошибки и некоторые недочёты.
3	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил все его детали, допускает отдельные неточности при решении задач.
2	Обучающийся обнаруживает неполное знание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает неточности при решении задач.
1	Обучающийся обнаруживает значительное незнание и понимание основного материала по поставленным вопросам, не усвоил его деталей, допускает существенные неточности при решении задач.
0	Обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

## 5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля

*Рубежный контроль* проводится с целью определения качества освоения учебного материала в целом. Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам курса и проводится по окончании изучения материала в заранее установленное время.

В течение семестра проводится *три рубежных контрольных мероприятия по графику*.

Рубежный контроль проводится в виде коллоквиумов (или самостоятельных, контрольных) на практических занятиях, а также компьютерного тестирования.

Выполняемые работы хранятся на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляются в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия выносятся программный материал (разделы) по дисциплине.

По каждой контрольной точке обязательным является компьютерное тестирование, которое проводится в группе вне рамок учебного расписания. Разработана и сертифицирована в установленном порядке база тестовых заданий по дисциплине. Она ежегодно обновляется и (или) дополняется на 15%.

Проведение бально-рейтинговых контрольных мероприятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается адаптированными контрольно-измерительными материалами и соответствующей технологией аттестации.

### 5.2.1. Оценочные материалы для контрольной работы (коллоквиумов) (контролируемые компетенции ПКС-3)

#### Типовые варианты контрольных работ

##### Вариант 1.

1. Частные производные:

а) Найти частные производные по  $x$  от выражения:

$$u(x, y) = x^2 + xy + y^7 x$$

$$u(x, y) = 2 \ln(xy) + xy^3$$

$$u(x, y) = \cos(x \cdot y) + x^2 y$$

$$u(x, y) = \sqrt{xy} - x^3 y.$$

б) Найти частные производные по  $y$  от выражения:

$$u(x, y) = \operatorname{tg}(x \cdot y) - x^2 y^3$$

$$u(x, y) = x^2 + xy + y^7 x$$

$$u(x, y) = e^{xy} + x^4 y$$

$$u(x, y) = \sqrt{xy} - x^3 y.$$

2. Какое из перечисленных равенств является уравнением частного производного?

$$(y+1)y'' + 75x^2 = xy$$

$$5y^2 - 7y + 157 = 0$$

$$(u_y)^2 - (u_{yy})^2 = (u_{xy} - u_{yy})^2$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + x \frac{\partial u}{\partial y} + y \frac{\partial u}{\partial x} = u.$$

3. Классификация линейных дифференциальных уравнений в частных производных.

##### Вариант 2.

1. Определить порядок уравнений:

а)  $(u_x)^3 u_{xx} - 4u_{yy} = x^3$

б)  $u_{xx} \cdot (u_{xx} + u_{yy}) - u_y^3 u_x = 7$

в)  $y^2 u_{yy} - x^3 u_{xy} + x^4 u_x = y$

г)  $(u_y)^5 u_{xx} + (u_x)^4 u_{yy} = 0.$

2. Какое уравнение является линейным?

а)  $u_x \cdot u_{xy}^2 + 2x \cdot u \cdot u_{yy} = 3xu u_y$

б)  $u_{yy} - u_{xy} + \ln|u| = 0$

в)  $xu_x + y^2 u_{yy} = y0$

г)  $u_{xx} - 4u_y + 2u_x = \frac{35}{u}.$

3. Основные типы уравнений в частных производных.

##### Вариант 3.

1. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$ :

$$u(x, y) = \sqrt{xy} - x^3 y.$$

2. Порядок уравнения  $u_{xy} \cdot (u_x)^3 - (u_y)^3 u_x = 0$  равен ...

3. Порядок уравнения  $u_{xx} - xu_{yy} + u u_y = 10xy$  равен ...

4. Порядок уравнения  $e^y u_{xy} - u_{yy} + u_y = 0$   $u(x, 0) = -\frac{x^2}{2}$ ;  $u_y(x, 0) = -\sin x$  равен ...

5. Порядок уравнения  $u_t = a^2 u_{xx}$   $u_x(0, t) = u_x(l, t) = q_i$   $u(x, 0) = x$  равен ...

##### Вариант 4.

1. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$ :



$$u(x, y) = x^2 + xy + y^7x.$$

2. Найти порядок уравнения

$$(u_x)^2 u_{yy} - (u_y)^2 u_{xx} = \frac{\partial^3 u}{\partial x \partial y}.$$

3. Определить тип уравнения

$$4u_{xx} + 10u_{xy} + 3u_y - 10u_x = 0.$$

4. Решить задачу Коши

$$u_{xx} - 2u_{xy} + 4e^y = 0;$$

$$u(0, y) = \varphi(y); \quad u_x(0, y) = \psi(y).$$

5. В полу-полосе  $0 < x < l, \quad t > 0$  решите задачу

$$u_t = a^2 u_{xx} - \beta u$$

$$u(0, t) = u_x(l, t) = 0; \quad u(x, 0) = \varphi(x).$$

#### Вариант 5.

1. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :

$$u(x, y) = 2 \ln(xy) + xy^3.$$

2. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :

$$\cos^2 u_{xx} + (u_x)^3 u_{xy} + (u_y)^2 u_x = 0.$$

3. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :

$$u_{xx} + 2u_{xy} - u_y + u_x = 10.$$

4. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :

$$3u_{xx} - 4u_{xy} + u_{yy} - 3u_x + u_y = 0$$

$$u(x, 0) = \varphi(x); \quad u_y(x, 0) = \psi(x).$$

5. Найти частные производные по  $x$  и по  $y$  :

$$u_t = a^2 u_{xx} \quad u(0, t) = T, \quad u(l, t) = 0, \quad u(x, 0) = 0.$$

Оценочные материалы для **коллоквиумов** приведены в п. 5.1.1.

**Критерии формирования оценок (оценивания) по контрольным точкам (контрольные работы, коллоквиум).**

В результате контрольной точки (контрольные работы, коллоквиум) знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

**Таблица 9. Шкала оценивания**

Количество баллов	Критерии оценивания
5	Обучающийся - выполнил работу полностью без ошибок и недочетов; - демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 71–100% задач.
4	Обучающийся - выполнил работу полностью, допущено в ней не более одной негрубой ошибки и недочета (не более трех недочетов); - демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 56–70% задач.
3	Обучающийся - правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой; - затрудняется с правильным ответом предложенной задачи; - дает неполный ответ, решено 50–55% задач.

0–2	Обучающийся - допустил ошибки и недочеты, превышающие требования для 3 баллов или правильно выполнил менее 2/3 всей работы; - решено менее 50 % задач.
-----	--

### 5.2.2. Оценочные материалы для компьютерного тестирования (контролируемые компетенции ПКС-3)

Полный перечень *тестовых заданий* представлен в ЭОИС – <http://open.kbsu.ru/moodle/course/view.php?id=2941>)

*Тест* – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений студента.

#### Образцы тестовых заданий

##### 1. Соответствие дифференциального уравнения типу уравнения

L1:  $xy' - y = 0$

L2:  $yy' = 2y - x$

L3:  $y' - \frac{3y}{x} = x$

L4:  $xy' + y = -xy^2$

R1: с разделяющимися переменными

R2: однородное

R3: линейное

R4: Бернулли

##### 2. Соответствие дифференциального уравнения типу уравнения

L1:  $y' \cdot \sin y = e^x$

L2:  $xy' = y \left( 2 - \ln \frac{y}{x} \right)$

L3:  $y' - 2xy = x \cdot e^x$

L4:  $y' + xy = y^3 \ln x$

R1: с разделяющимися переменными

R2: однородное

R3: линейное

R4: Бернулли

##### 3. Общим решением дифференциального уравнения $x^3 \cdot y' = 2y$ является

-:  $y = ce^{1/x}$

-:  $y = ce^{-1/x}$

+:  $y = ce^{-1/x^2}$

-:  $y = ce^{1/x^2}$

##### 4. Общим решением дифференциального уравнения $y'' - 4y' + 3y = 0$ является

+:  $y = c_1 e^x + c_2 e^{3x}$

-:  $y = c_1 e^x + c_2 e^{-3x}$

-:  $y = c_1 e^{-x} + c_2 e^{3x}$

-:  $y = c_1 e^{-x} + c_2 e^{-3x}$

##### 5. Частное решение дифференциального уравнения $y'' - 2y' + y = e^{2x}$ ищется в виде

+:  $y = Ae^{2x}$

-:  $y = Axe^{2x}$

-:  $y = Ae^{-2x}$

-:  $y = Axe^{-2x}$

6. Частное решение дифференциального уравнения  $y'' - 4y = 8x^3$  ищется в виде

-:  $y = Ax^2 + Bx + C$

+:  $y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$

-:  $y = Ax^3 + Cx + D$

-:  $y = Ax^3 + Bx^2 + D$

6. Частное решение дифференциального уравнения  $y'' + 3y' + 2y = \sin 2x + 2 \cos 2x$  ищется в виде

-:  $y = A \cos x + B \sin x$

-:  $y = Ae^{2x} + Bx + C$

+:  $y = A \cos 2x + B \sin 2x$

-:  $y = Ax^2 + Bx + C$

8. Решение уравнения  $y'' = \sin x$  понижением порядка уравнения дает результат

+  $y = -\sin x + c_1x + c_2$

-:  $y = -\cos x + c_1x + c_2$

-:  $y = \sin x + c_1x + c_2$

-:  $y = \cos x + c_1x + c_2$

9. Решение уравнения  $y'' = 9e^{-3x}$  понижением порядка уравнения дает результат

-:  $y = -e^{-3x} + c_1x + c_2$

+:  $y = e^{-3x} + c_1x + c_2$

-:  $y = e^{3x} + c_1x + c_2$

-:  $y = -e^{3x} + c_1x + c_2$

10. Уравнение  $U_{xx} + U_{yy} = 0$  является уравнением

-: колебания струны

+: Лапласа

-: Трикоми

-: теплопроводности

11. Уравнение  $U_{xx} - U_{yy} = 0$  является уравнением

+: колебания струны

-: Лапласа

-: Трикоми

-: Лаврентьева - Бицадзе

12. Уравнение  $yU_{xx} + U_{yy} = 0$  является уравнением

-: колебания струны

-: Лапласа

+: Трикоми

-: Бицадзе - Лыкова

13. Уравнение  $\operatorname{sign} y \cdot U_{xx} + U_{yy} = 0$  является уравнением

-: Лапласа

-: Трикоми

-: теплопроводности

+: Лаврентьева - Бицадзе

14. Уравнение  $U_{xx} - U_{yy} = 0$  относится к типу

+: гиперболическому

-: параболическому

-: эллиптическому

-: смешанному

15. Уравнение  $yU_{xx} + U_{yy} = 0$  относится к типу

-: гиперболическому

-: параболическому

-: эллиптическому

+: смешанному

16. Уравнение  $\operatorname{sign} y \cdot U_{xx} + U_{yy} = 0$  относится к типу

-: гиперболическому

-: параболическому

-: эллиптическому

+: смешанному

17. Дана функция  $U = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$  Уравнение  $U_{x_1} + U_{x_2} + U_{x_3} + U^2 = 0$  является уравнением порядка

+: первого

-: второго

-: третьего

-: четвертого

18. Дана функция  $U = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$  Уравнение  $U_{x_1 x_2} + U_{x_2 x_3} + U_{x_1 x_3} + U^3 = 0$  является уравнением порядка

-: первого

+: второго

-: третьего

-: четвертого

19. Дана функция  $U = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$  Уравнение  $U_{x_1 x_2 x_3} + U_{x_1 x_3} + U_{x_2} + U^4 = 0$  является уравнением порядка

-: первого

-: второго

+: третьего

-: четвертого

20. Дана функция  $U = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$  Уравнение  $U_{x_1 x_2} - U_{x_2 x_3} + U_{x_1 x_2 x_3} = \cos(x_1 x_3)$  является уравнением порядка

-: первого

-: второго

+: третьего

-: четвертого

21. Гиперболическое уравнение имеет

+: два семейства действительных характеристик

-: два семейства комплексных характеристик

-: одно семейство характеристик

-: не имеет характеристик

22. Параболическое уравнение имеет

-: два семейства действительных характеристик

-: два семейства комплексных характеристик

+: одно семейство характеристик

-: не имеет характеристик

23. Характеристиками уравнения  $U_{xx} + 2U_{xy} + 5U_{yy} - 32U = 0$  являются

-:  $y + x = c_1, y + 2x = c_2$

-:  $y - x = c_1, y - 2x = c_2$

+:  $y - x + 2xi = c_1, y - x - 2xi = c_2$

-:  $y + ix = c_1, y - ix = c_2$

24. Характеристиками уравнения  $U_{xx} - 2U_{xy} + U_{yy} + 9U_x + 9U_y - 9U = 0$  являются

-:  $y + x = c_1, y - x = c_2$

-:  $y + 2x = c_1, y + 2x = c_2$

+:  $y + x = c$

-:  $y + 3x = c$

25. Характеристиками уравнения  $U_{xx} + 4U_{xy} + 13U_{yy} + 3U_x - 9U = 0$  являются

+:  $y - 2x + 3xi = c_1, y - 2x - 3xi = c_2$

-:  $y - 2ix = c_1, y + 2ix = c_2$

-:  $y - 2x = c_1, y + 2x = c_2$

-:  $y + 3x = c_1, y - 3x = c_2$

26. Область  $|z| > 1$  является

+: односвязной

-: двусвязной

-: трёхсвязной

-: не связной

27. Область  $|z| < 3$  является

-: не связной

+: односвязной

-: двусвязной

-: трёхсвязной

28. Область  $0,5 < |z| < 1$  является

-: односвязной

+: двусвязной

-: трёхсвязной

-: не связной

29. Граница области  $0,5 < |z| < 3$  состоит из числа компонент

###

+: 2

30. Граница области  $|z| < 5$  состоит из числа компонент ###

+: 1

31. Гамма функция Эйлера определяется с помощью интеграла

-:  $\Gamma(z) = \int_0^1 e^{-t} t^{z-1} dt$

+:  $\Gamma(z) = \int_0^\infty e^{-t} t^{z-1} dt$

$$\therefore \Gamma(z) = \int_0^1 e^t \sin tz \, dt$$

$$\therefore \Gamma(z) = \int_0^\infty e^{-t} t^z \, dt$$

32. Значение гамма функции  $\Gamma(6)$  равно ###

+: 120

33. Значение бета функции  $B(3,4)$  равно ###

+: 1/60

34. Значение бета функции  $B(2,3)$  равно ###

+: 1/12

35. Гипергеометрическая функция Гаусса  $F(3,0,4;z)$  равна ###

+: 1

36. Гипергеометрическая функция Гаусса  $F(1,0,4;z)$  равна ###

+: 1

37. Гипергеометрическая функция Гаусса  $F(2,3,2;z)$  равна ###

+:  $(1-z)^{-3}$

-:  $(1+z)^3$

-:  $(1-z)^3$

-:  $(1+z)^{-3}$

38. Гипергеометрическая функция Гаусса  $F(4,5,4;z)$  равна ###

+:  $(1-z)^{-5}$

-:  $(1+z)^5$

-:  $(1-z)^5$

-:  $(1+z)^{-5}$

39. Уравнение  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  рассматривается в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения Задача  $U(x,0) = \tau(x), U_y(x,0) = \nu(x)$  является задачей

-: Дирихле

-: Дарбу

-: Гурса

+: Коши

40. Уравнение  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  рассматривается в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения Задача  $U|_{AC} = \psi(x), U_y(x,0) = \nu(x)$  является задачей

-: Дарбу

+: Коши- Гурса

-: со смещением

-: типа Бицадзе - Самарского

41. Уравнение  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  рассматривается в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения Задача  $U|_{AC} = \varphi(x), U|_{BC} = \psi(x)$  является задачей

-: Дарбу

+: Гурса

-: со смещением

-: Коши

42. Уравнение  $y^m U_{xx} - U_{yy} = 0, m > 0, y > 0$  рассматривается в треугольнике, ограниченном отрезком  $AB \equiv (0,1)$  прямой  $y = 0$  и характеристиками  $AC, BC$  уравнения. Задача  $U(x,0) = \tau(x), U|_{BC} = \psi(x)$  является задачей

-: Дирихле

+: Дарбу

-: Гурса

-: Коши- Гурса

43. Уравнение  $\text{sign} y |y|^m U_{xx} + U_{yy} = 0, m > 0$  рассматривается в области, ограниченной жордановой кривой  $\sigma$  в полуплоскости  $y > 0$  и характеристиками  $AC, BC$  в полуплоскости  $y < 0$ , выходящими из точек  $A(0;0), B(1;0)$ . Задача  $U|_{\sigma} = \varphi(s), U|_{AC} = \psi(x)$  является задачей

-: Неймана - Трикоми

+: Трикоми

-: со смещением

-: типа задачи Бицадзе – Самарского

44. Задача поставлена корректно по Адамару, если

-: решение существует и единственно

-: решение существует, но не единственно

-: решение не устойчиво

+: решение существует, единственно и устойчиво

45. Дробная производная  $D_{ax}^\alpha f(x)$  в точке отрицательного минимума

-: обращается в ноль

-: положительна

+: строго отрицательна

-: неотрицательна

46. Принцип Хопфа является принципом экстремума для уравнений

-: гиперболических

-: параболических

+: эллиптических

-: смешанных

47. Принцип экстремума Бицадзе является принципом экстремума для уравнений

-: гиперболических

-: параболических

-: эллиптических

+: смешанных

48. Ядро интегрального уравнения  $K(x,t) = \frac{K^*(x,t)}{(x-t)^\alpha}$ , где  $K^*(x,t)$  непрерывная функция, является ядром Коши, если

-:  $\alpha = 0$

-:  $\alpha < 1$

+:  $\alpha = 1$

-:  $\alpha > 1$

49. Ядро интегрального уравнения имеет вид  $K(x,t) = \frac{K^*(x,t)}{x^\alpha (x-t)^\beta}$ , где  $\alpha, \beta > 0, K^*(x,t)$

непрерывная функция. Сумма подвижной и неподвижной особенностей в ядре равна

-:  $\alpha - \beta$

$+: \alpha + \beta$

$-: 2(\alpha + \beta)$

$-: \alpha\beta$

**Критерии формирования оценок (оценивания) по компьютерному тестированию**

В результате компьютерного тестирования знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

**Таблица 10. Шкала оценивания**

Процент правильных ответов, критерии оценивания	Количество баллов
Более 85 % правильных ответов на предложенные тестовые задания.	5
От 71 до 84 % правильных ответов на предложенные тестовые задания.	4
От 41 до 70 % правильных ответов на предложенные тестовые задания.	3
От 21 до 40 % правильных ответов на предложенные тестовые задания.	2
От 10 до 20 % правильных ответов на предложенные тестовые задания.	1
Менее 10 % правильных ответов на предложенные тестовые задания.	0

В результате прохождения *текущего и рубежного контроля* знания обучающегося оцениваются по ниже следующей шкале.

**Таблица 11. Шкала оценивания**

Семестр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	56-70 баллов
VIII	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации/	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение и защита практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «хорошо».	Полное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «отлично».

**5.3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации**

Целью промежуточной аттестации по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.



Оценочные материалы для проведения *промежуточной аттестации* по дисциплине включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для каждого результата обучения определяются показатели и критерии оценивания сформированных компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания. При составлении оценочных материалов основываются на компетентных принципах. Они содержат комплексные средства оценки, объективно отражающие качество подготовки специалиста по данной дисциплине.

*Промежуточная аттестация* завершает изучение дисциплины и помогает оценить совокупности знаний и умений, а также формирование определенных профессиональных компетенций. Она служит основным средством обеспечения в учебном процессе «обратной связи» между преподавателем и обучающимся, необходимой для стимулирования работы обучающихся и совершенствования методики преподавания учебных дисциплин.

Оценивание знаний, умений и навыков носит комплексный, системный характер – с учетом как места дисциплины в структуре образовательной программы, так и содержательных и смысловых внутренних связей. Связи формируемых компетенций с разделами и темами дисциплины обеспечивают возможность реализации для текущего контроля наиболее подходящих оценочных средств.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине в форме проведения экзамена, которым заканчивается изучение дисциплины. Она может проводиться в устной и письменной форме, и в форме тестирования. Итоговая оценка определяется суммой баллов, полученных студентом в ходе текущего и рубежного контроля, а также в ходе промежуточной аттестации.

Для успешной промежуточной аттестации студент должен:

- показать полные и глубокие знания материала;
- уметь применять полученные знания для решения практических задач и быть способным анализировать проблемы, формулировать выводы;
- владеть необходимыми навыками для применения полученных знаний и умений в своей профессиональной деятельности.

Для получения экзамена студенту необходимо иметь не менее 61 балла. Для допуска к экзамену студент должен по итогам текущего и рубежного контроля успеваемости набрать число баллов не менее 36. На экзамене он может повысить сумму баллов от 61 и выше, необходимых для получения экзамена.

### ***Вопросы, выносимые на экзамен (контролируемые компетенции ПКС-3)***

1. Структурные свойства решений некоторых классов нелинейных уравнений в частных производных.
2. Уравнение Рида и Барта. Пример уравнения эллиптического типа.
3. Дирихле. Задача Неймана. Пример уравнения смешанного типа.
4. Вывод основного уравнения Дюбрейль-Жакотен.
5. Редукция к задаче Дирихле для уравнения Гельмгольца. Построение решения.
6. Уравнение Максвелла-Эйнштейна для осесимметрического стационарного гравитационного поля.
7. Построение классов решений уравнений Максвелла-Эйнштейна.

8. Понятие сингулярных отображений двумерных римановых многообразий.
9. Основное свойство сингулярных отображений.
10. Линейная краевая задача к нелинейной краевой задаче для уравнений Лапласа.
11. Задача Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка.
12. Задача Коши-Дирихле для одного класса нелинейных уравнений параболического типа.
13. Системы уравнений ферромагнетизма.
14. Синус – уравнение Годана.
15. Постановка общей задачи. Случай прямолинейной полосы.
16. Варианты уравнений гравитационного поля.
17. Одномерный случай гамильтониана.
18. Об однозначной разрешимости задачи Дирихле для линейного эллиптического уравнения второго порядка.
19. Достаточное условие единственности решения задачи Дирихле для нелинейного равномерно эллиптического уравнения второго порядка.
20. Задача Франкля для уравнения Чаплыгина. Доказательство единственности решения задачи.
21. Задача Франкля для уравнения Чаплыгина. Существование решения задачи.
22. Задача Геллерстедта  $G_1$  для уравнения смешанного типа. Единственность решения задачи.
23. Задача Геллерстедта  $G_1$  для уравнения смешанного типа. Существование решения задачи.
24. Задача Геллерстедта  $G_2$  для уравнения смешанного типа. Единственность решения задачи.
25. Задача Геллерстедта  $G_2$  для уравнения смешанного типа. Существование решения задачи.
26. Краевая задача для уравнения смешанного типа с перпендикулярными линиями вырождения. Единственность решения задачи.
27. Краевая задача для уравнения смешанного типа с перпендикулярными линиями вырождения. Существование решения задачи.
28. Задача Неймана–Трикоми. Единственность решения задачи.
29. Задача Неймана–Трикоми. Существование решения задачи.
30. Краевая задача для уравнения эллиптико–гиперболического типа второго рода. Единственность решения задачи.
31. Краевая задача для уравнения эллиптико–гиперболического типа второго рода. Существование решения задачи.
32. Аналог задачи Трикоми в конечной трехмерной односвязной области.
33. Задача Трикоми со спектральным параметром.
34. Задача с нелокальными условиями на характеристиках для уравнения смешанного типа, порядок которого вырождается вдоль линии изменения типа. Единственность решения задачи.
35. Задача с нелокальными условиями на характеристиках для уравнения смешанного типа, порядок которого вырождается вдоль линии изменения типа. Существование решения задачи.
36. Краевая задача со смещением для уравнения смешанного типа второго рода. Единственность решения задачи.
37. Краевая задача со смещением для уравнения смешанного типа второго рода. Существование решения задачи.
38. Разностный метод решения задачи Трикоми.
39. Задача со смещением для уравнения Лаврентьева–Бицадзе. Единственность решения задачи.
40. Задача со смещением для уравнения Лаврентьева–Бицадзе. Существование решения задачи.
41. Задача типа задачи Бицадзе–Самарского для уравнения Трикоми. Единственность решения задачи.
42. Задача типа задачи Бицадзе–Самарского для уравнения Трикоми. Существование решения задачи.

43. Задача со смещением для уравнения Геллерстедта. Единственность решения задачи.

44. Задача со смещением для уравнения Геллерстедта. Существование решения задачи.

В экзаменационные билеты включаются два теоретических вопроса из различных разделов программы.

В экзаменационные билеты включаются два теоретических вопроса из различных разделов программы.

**Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации:**

**«отлично»** (91-100 баллов) – получают обучающиеся, которые свободно ориентируются в материале и отвечают без затруднений. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий, постановке целей и выборе путей их реализации. Работа выполнена полностью без ошибок, решено 100% задач;

**«хорошо»** (81-90 баллов) – получают обучающиеся, которые относительно полно ориентируются в материале, отвечают без затруднений, допускают незначительное количество ошибок. Обучающийся способен к выполнению сложных заданий. Работа выполнена полностью, но имеются не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Допускаются незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

**«удовлетворительно»** (61-80 баллов) – получают обучающиеся, у которых недостаточно высок уровень владения материалом. В процессе ответа на экзамене допускаются ошибки и затруднения при изложении материала. Обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач;

**«неудовлетворительно»** (меньше 61 балла) – получают обучающиеся, которые допускают значительные ошибки. Обучающийся имеет лишь начальную степень ориентации в материале. В работе число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50% задач.

В результате **прохождения промежуточной аттестации (зачета)** оценивание планируемых результатов обучения по дисциплине проводится по ниже следующей шкале.

**Таблица 12. Шкала оценивания планируемых результатов обучения**

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно но (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
VIII	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.

	ответ только на один вопрос	полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене (диф. зачете) не дал полного ответа ни на один вопрос.	рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ только на один вопрос.	
--	-----------------------------	---	---	--

## 6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

– *первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– *вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (от 15 до 30 баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины в VIII семестре является экзамен.

Общий балл *текущего и рубежного контроля* складывается из составляющих, приводимых в таблице 13.

**Таблица 13. Распределение баллов текущего и рубежного контроля**

№ п/п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1	<b>Посещение занятий</b>	<b>до 10 баллов</b>	<b>до 3 б.</b>	<b>до 3 б.</b>	<b>до 4 б.</b>
2	<b>Текущий контроль:</b>	<b>до 30 баллов</b>	<b>до 10 б.</b>	<b>до 10 б.</b>	<b>до 10 б.</b>
	<b>Ответ на 5 вопросов</b>	<b>от 0 до 15 б.</b>	<b>от 0 до 5 б.</b>	<b>от 0 до 5 б.</b>	<b>от 0 до 5 б.</b>
	Полный правильный ответ	до 15 баллов	5 б.	5 б.	5 б.
	Неполный правильный ответ	от 6 до 12 б.	от 2 до 4 б.	от 2 до 4 б.	от 2 до 4 б.
	Ответ, содержащий значительные неточности, ошибки	от 0 до 3 б.	от 0 до 1 б.	от 0 до 1 б.	от 0 до 1 б.
3	<b>Выполнение самостоятельных заданий (решение задач)</b>	<b>от 0 до 15 б.</b>	<b>от 0 до 5 б.</b>	<b>от 0 до 5 б.</b>	<b>от 0 до 5 б.</b>
	<b>Рубежный контроль</b>	<b>до 30 баллов</b>	<b>до 10 б.</b>	<b>до 10 б.</b>	<b>до 10 б.</b>
	тестирование	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
	коллоквиум	от 0 до 15 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б.
	<b>Итого сумма текущего и рубежного контроля</b>	<b>до 70 баллов</b>	<b>до 23 б.</b>	<b>до 23 б.</b>	<b>до 24 б.</b>
	<b>Первый этап (базовый уровень) – оценка «удовлетворительно»</b>	не менее 36 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.

	<b>Второй этап (продвинутый уровень) – оценка «хорошо»</b>	менее 70 б. (51-69 б.)	менее 23 б.	менее 23 б.	менее 24 б.
	<b>Третий этап (высокий уровень) – оценка «отлично»</b>	не менее 70 б.	не менее 23 б.	не менее 23 б.	не менее 24 б.

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися. По дисциплине учебным планом предусмотрены форма промежуточной аттестации – экзамен в VIII семестре. Проводится комплексная проверка обучающихся на определение степени овладения знаниями, умениями и навыками, полученными на занятиях, а также путём самостоятельной работы.

Качество освоения дисциплины оценивается по приводимой в приложении 1.

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенций ПКС-3 представлены в таблице 14

**Таблица 14. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке**

Результаты обучения (компетенции)	Основные показатели оценки результатов обучения	Индикаторы достижения компетенции	Вид оценочного материала, обеспечивающего формирование компетенций
<b>ПКС-3</b> Способен публично представлять собственные и известные научные результаты.	<p><b>Знать:</b> - фундаментальные понятия, соответствующие базовым разделам математики;</p> <p>- формулировки утверждений и методы их доказательства;</p> <p>- математические способы доказательств.</p> <p><b>Уметь:</b> - доказывать фундаментальные математические утверждения;</p> <p>- проводить доказательства математических утверждений;</p> <p>- использовать математический аппарат в своей профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> - базовыми знаниями в области математики, навыками сбора и работы с математическими источниками информации;</p> <p>- аппаратом профильных предметных областей, методами доказательства утверждений;</p> <p>- способностью сформулировать результат и увидеть следствия этого результата.</p>	<p><b>ИД-1.ПКС-3.1</b> - Способен публично представлять результаты собственных исследований</p> <p><b>ИД-2.ПКС-3.2</b> - Способен изучить новейшие результаты исследований и применить их в профессиональной деятельности</p>	<p>Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1); типовые оценочные материалы для контрольной работы (п. 5.1.2);</p> <p> типовые тестовые задания (п. 5.2.2); типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.3).</p> <p>Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1); типовые оценочные материалы для контрольной работы (п. 5.1.2);</p> <p> типовые тестовые задания (п. 5.2.2); типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.3).</p> <p>Типовые оценочные материалы для устного опроса (п. 5.1.1); типовые оценочные материалы для контрольной работы (п. 5.1.2);</p> <p> типовые тестовые задания (п. 5.2.2); типовые оценочные материалы к экзамену (п. 5.3).</p>

Таким образом, выполнение типовых заданий, представленных в разделе 5 «Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации» позволит обеспечить:

- способность публично представлять собственные и известные научные результаты. (ПКС-3).

## **7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **7.1. Нормативно-законодательные акты**

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ (последняя редакция). - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Консультант Плюс: URL: <http://consultant.ru/>

2. Приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 N8 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.01 Математика (Зарегистрировано в Минюсте России 6.02.2018 N49941) – Режим доступа: URL: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/010301\\_B\\_3\\_15062021.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/010301_B_3_15062021.pdf)

### **7.2. Основная литература**

1. Данилаев, П. Г. Коэффициентные обратные задачи для параболических уравнений и их приложения : монография / П. Г. Данилаев ; под редакцией П. Г. Данилаева. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2020. — 240 с. — ISBN 978-5-7579-2467-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/193490>
2. Костецкая, Г. С. Уравнения математической физики эллиптического и параболического типов : учебное пособие / Г. С. Костецкая, Т. Н. Радченко. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. — 116 с. — ISBN 978-5-9275-2477-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87943.html>
3. Куликов, Г. М. Метод Фурье в уравнениях математической физики : учебное пособие / Г. М. Куликов, А. Д. Нахман. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 91 с. — ISBN 978-5-4486-0196-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/71568.html>
4. Кумыкова С.К., Водахова В.А., Езаова А.Г. Локальные и нелокальные задачи для вырождающихся гиперболических уравнений. Учебное пособие. – Нальчик, 2017.(10 экз.)

### **7.3. Дополнительная литература**

1. Емельянов В.М., Рыбакина Е.А. Уравнения математической физики : Практикум по решению задач: Учебное пособие. - СПб.: Лань, 2008. - 224 с. (26 экз.)
2. Кулиев, В. Д. Сингулярные краевые задачи / Кулиев В. Д. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 720 с. - ISBN 5-9221-0588-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922105884.html>
3. Кумыкова С.К., Водахова В.А., Гучаева З.Х. Задачи с обобщенными операторами дробного интегро–дифференцирования для вырождающихся гиперболических и смешанного типа уравнений. – Нальчик. 2015. С. 125.(10 экз.)
4. Кумыкова С.К., Лесев В.Н. Краевые задачи для смешанных и смешанно–составных уравнений высокого порядка. – Нальчик. 2015. С. 136. (10 экз.)
5. Ладыженская О.А. Математический институт им. В.А. Стеклова. Краевые задачи математической физики и смежные вопросы теории функций. Сборник работ. – Ленинград: Ленинградское отделение "Наука", 1991. – 188 с. (10 экз.)

6. Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. М.: Мир, 1972. Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Lions1972ru.djvu>
7. Сабитов, К. Б К теории уравнений смешанного типа / Сабитов К. Б - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 304 с. - ISBN 978-5-9221-1561-2. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115612.html>
8. Солдатов А. П. Одномерные сингулярные операторы и краевые задачи теории функций. – М.: Высшая школа, 1991. – 207 с. (16 экз.)

#### 7.4. Периодические издания

1. Дифференциальные уравнения
2. Успехи математических наук
3. Математические заметки

#### 7.5. Интернет-ресурсы

При изучении дисциплины «Неклассические уравнения математической физики» обучающиеся обеспечены доступом (удаленный доступ) к ресурсам:

– **общие информационные, справочные и поисковые:**

1. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>

2. Справочно-информационная система «Консультант Плюс». URL:

<http://www.consultant.ru/>

– **к современным профессиональным базам данных:**

#### Перечень актуальных электронных информационных баз данных, к которым обеспечен доступ пользователям КБГУ (2022-2023 уч.г.)

№п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	<b>Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)</b>	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и 3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	ООО «НЭБ»	Полный доступ
2.	<b>База данных Science Index (РИНЦ)</b>	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2022 от 19.07.2022 г. Активен до 31.07.2023г.	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ,



		авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.			имеющихся в РИНЦ
3.	ЭБС «Консультант студента»	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	<a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a> <a href="http://www.medcollegelib.ru">http://www.medcollegelib.ru</a>	ООО «Политехресурс» (г. Москва) <b>Договор №310СЛ/08-2021</b> От 30.09.2021 г. Активен до 30.09.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
4.	«Электронная библиотека технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-Медиа. Books in English (книги на английском языке)»	<a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>	ООО «Политехресурс» (г. Москва) <b>Договор №701КС/02-2022</b> от 13.04.2022 г. Активен до 19.04.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
5.	ЭБС «Лань»	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) <b>Договор №6ЕП/223</b> от 15.02.2022 г. Активен до 28.02.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	Национальная электронная библиотека РГБ	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	<a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	ФГБУ «Российская государственная библиотека» <b>Договор №101/НЭБ/1666-п</b> от 10.09.2020г. Сроком на 5 лет	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
7.	ЭБС «IPRbooks»	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК, 2085	<a href="http://iprbookshop.ru/">http://iprbookshop.ru/</a>	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) <b>Договор №9200/22П</b> от 08.04.2022 г. Активен до 02.04.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)



		аудиоизданий.			
8.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) <b>Договор №192/ЕП-223</b> От 29.10.2021 г. Активен до 31.10.2022 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
9.	Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	<a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
10.	Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	<a href="http://www.prilib.ru">http://www.prilib.ru</a>	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) <b>Соглашение от 15.11.2016г.</b> бессрочный	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115,214)

Для эффективного усвоения дисциплины, помимо учебного материала, студентам необходимо пользоваться данными всемирной сети Интернет, такими сайтами, как:

1. Библиотека КБГУ. URL: <http://lib.kbsu.ru>
2. Свободная энциклопедия «Википедия». URL: <https://ru.wikipedia.org/>
3. Служба тематических толковых словарей. URL: <http://glossary.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «IPR BOOKS». URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Консультант студента». URL: <http://www.studentlibrary.ru/>

#### 7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы

##### *Методические рекомендации по изучению дисциплины «Неклассические уравнения математической физики» для обучающихся*

Основная цель освоения дисциплины - ознакомить студентов с важнейшими результатами в области краевых задач для уравнений смешанного эллиптического-гиперболического типа; сформулировать проблемы, оставшиеся от прошлого и нацелить на их решение; развитию способностей к самостоятельному использованию приобретенных знаний в своей профессиональной деятельности и формированию соответствующих компетенций.

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной учебной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий, занести в свою рабочую тетрадь темы и сроки проведения семинаров, написания учебных и творческих работ. При изучении дисциплины обучающиеся выполняют следующие задания: изучают рекомендованную учебную и научную литературу; пишут контрольные работы, выполняют самостоятельные творческие работы, участвуют в выполнении практических заданий. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

Курс изучается на лекциях, семинарах, при самостоятельной и индивидуальной работе обучающихся. Обучающийся для полного освоения материала должен не пропускать занятия и активно участвовать в учебном процессе. Для максимальной эффективности изучения необходимо постоянно вести конспект лекций, знать рекомендуемую преподавателем литературу, позволяющую дополнить знания и лучше подготовиться к семинарским занятиям.

В соответствии с учебным планом на каждую тему выделено необходимое количество часов практических занятий, которые проводятся в соответствии с вопросами, рекомендованными к изучению по определенным темам. Обучающиеся должны регулярно готовиться к семинарским занятиям и участвовать в обсуждении вопросов. При подготовке к занятиям следует руководствоваться конспектом лекций и рекомендованной литературой. Тематический план дисциплины, учебно-методические материалы, а также список рекомендованной литературы приведены в рабочей программе.

### ***Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции***

В процессе лекционных занятий целесообразно конспектировать учебный материал. Для этого используются общие и утвердившиеся в практике правила, и приемы конспектирования лекций.

Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля, на которых делаются пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Целесообразно записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Для выделения разделов, выводов, определений, основных идей можно использовать цветные карандаши и фломастеры.

Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. В конспекте дословно записываются определения понятий, категорий и законов. Остальное должно быть записано своими словами.

Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий.

### ***Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям***

Практические (семинарские) занятия – составная часть учебного процесса, групповая форма занятий при активном участии студентов. Практические занятия способствуют углубленному изучению наиболее сложных проблем науки и служат основной формой подведения итогов самостоятельной работы обучающихся. Целью практических занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.

В ходе подготовки к семинарскому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, выполнить выданные преподавателем практические задания. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы.

Желательно при подготовке к практическим занятиям по дисциплине одновременно использовать несколько источников, раскрывающих заданные вопросы.

На практических занятиях обучающиеся учатся грамотно излагать проблемы, свободно высказывать свои мысли и суждения, рассматривают ситуации, способствующие развитию профессиональной компетентности. Следует иметь в виду, что подготовка к практическому занятию зависит от формы, места проведения семинара, конкретных заданий и поручений. Это может быть написание доклада, эссе, реферата (с последующим их обсуждением), коллоквиум.

### ***Методические рекомендации по организации самостоятельной работы***

Самостоятельная работа (по В.И. Далю «самостоятельный – человек, имеющий свои твердые убеждения») осуществляется при всех формах обучения: очной и заочной.

Самостоятельная работа обучающихся - способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процесса преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих обучающемуся в удобное для него время осваивать учебный материал;

- широкое внедрение компьютеризированного тестирования;
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;

- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций:

- развивающую;
- информационно-обучающую;
- ориентирующую и стимулирующую;
- воспитывающую;
- исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

1. Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
2. Выполнение разноуровневых задач и заданий;
3. Работа с тестами и вопросами для самопроверки;
4. Выполнение итоговой контрольной работы.

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

Необходимо отметить, что некоторые задания для самостоятельной работы по курсу имеют определенную специфику. При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать имеющийся в учебно-методическом комплексе краткий конспект лекций. Он же может использоваться и для закрепления полученного в аудитории материала. Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. Задания предложены по каждой изучаемой теме и могут готовиться индивидуально или в группе. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю. Выполнение заданий контролируется и оценивается преподавателем.

Для успешного самостоятельного изучения материала сегодня используются различные средства обучения, среди которых особое место занимают информационные технологии разного уровня и направленности: электронные учебники и курсы лекций, базы тестовых заданий и задач. Электронный учебник представляет собой программное средство, позволяющее представить для изучения теоретический материал, организовать апробирование, тренаж и самостоятельную творческую работу, помогающее студентам и преподавателю оценить уровень знаний в определенной тематике, а также содержащее необходимую справочную информацию. Электронный учебник может интегрировать в себе возможности

различных педагогических программных средств: обучающих программ, справочников, учебных баз данных, тренажеров, контролирующих программ.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, лаборатории, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, решать вычислительные задачи и получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания.

Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории. Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений. Самое доступное и простое средство самоконтроля с применением информационно-коммуникационных технологий - это ряд тестов «on-line», которые позволяют в режиме реального времени определить свой уровень владения предметным материалом, выявить свои ошибки и получить рекомендации по самосовершенствованию.

### ***Методические рекомендации по работе с литературой***

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

*Предварительное* чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

*Сквозное чтение* предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

*Выборочное* – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

*Аналитическое чтение* – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы. Часть из этих вопросов сформулирована в ФОС в перечне вопросов для собеседования. Перечень этих вопросов ограничен, поэтому важно не только содержание вопросов, но сам принцип освоения литературы с помощью вопросов к текстам.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

1. Чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название; автор; источник; основная идея текста; фактический материал; анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам; новизна.

2. Прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм:

- медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного;
- выделить ключевые слова в тексте;
- постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.

3. Прием тезирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

К этому можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Подготовка к экзамену должна проводиться на основе лекционного материала, материала практических занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

### *Методические рекомендации для подготовки к экзамену*

Экзамен является формой итогового контроля знаний и умений, обучающихся по данной дисциплине, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К экзамену допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего и промежуточного контроля. На экзамене студент может набрать от 15 до 30 баллов.

В период подготовки к экзамену обучающиеся вновь обращаются к учебно-методическому материалу и закрепляют промежуточные знания.

Подготовка обучающегося к экзамену включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса;
- подготовка к ответу на экзаменационные вопросы.

При подготовке к экзамену обучающимся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На экзамен выносится материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Экзамен проводится в письменной/устной форме.

При проведении экзамена в письменной (устной) форме, ведущий преподаватель составляет экзаменационные билеты, которые включают в себя: тестовые задания; теоретические задания; задачи или ситуации. Формулировка теоретических задания совпадает с формулировкой перечня экзаменационных вопросов, доведенных до сведения обучающихся накануне экзаменационной сессии. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

В аудитории, где проводится устный экзамен, должно одновременно находиться не более шести студентов на одного преподавателя, принимающего экзамен. На подготовку ответа на билет на экзамене отводится 40 минут.

При проведении письменного экзамена на работу отводится 60 минут.

Результат устного (письменного) экзамена выражается оценками:

1. Оценка «отлично» – от 91 до 100 баллов – теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы. Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. На экзамене

студент демонстрирует глубокие знания предусмотренного программой материала, умеет четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

2. Оценка *«хорошо»* – от 81 до 90 баллов – теоретическое содержание курса освоено, необходимые практические навыки работы сформированы, выполненные учебные задания содержат незначительные ошибки. На экзамене студент демонстрирует твердые знания основного (программного) материала, умеет четко, грамотно, без существенных неточностей отвечать на поставленные вопросы.

3. Оценка *«удовлетворительно»* – от 61 до 80 баллов – теоретическое содержание курса освоено не полностью, необходимые практические навыки работы сформированы частично, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки. На экзамене студент демонстрирует знание только основного материала, ответы содержат неточности, слабо аргументированы, нарушена последовательность изложения материала.

5. Оценка *«неудовлетворительно»* от 36 до 60 баллов – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий. На экзамене студент демонстрирует незнание значительной части программного материала, существенные ошибки в ответах на вопросы, неумение ориентироваться в материале, незнание основных понятий дисциплины.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **8.1. Требования к материально-техническому обеспечению**

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Материально-техническое обеспечение: доступ к фондам учебных пособий, библиотечным фондам с периодическими изданиями по соответствующим темам, наличие компьютеров, подключенных к сети «Интернет» и оснащенных средствами медиапрезентаций (медиакоммуникаций).

Чтение лекций проводится в аудитории, обеспеченной мультимедийными средствами (презентационная лекционная часть доступна всем). Практические и лабораторные занятия проводятся в аудитории, оснащенной интерактивной и обычной доской.

При проведении занятий лекционного типа практических (семинарских) занятий используются

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

*лицензионное программное обеспечение:*

- программное обеспечение средств антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1000-1500 Node 1 year Educational Renewal License (KL4863RAVFAQ);

- программное обеспечение для работы с PDF-документами. ABBYY FineReader 15 Business.

- программное обеспечение для работы с документами формата PDF Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Level 1 (1-9) Education Named License 65297997BB01A12

- офисное программное обеспечение МойОфис Стандартный  
*свободно распространяемые программы:*

– Web Browser – Firefox;

- AcademicMarthCADLicense - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- 7zip - программ для сжатия и распаковки файлов;
- AdobeReader– программа для чтения PDF файлов;
- DjvuReader – приложения для распознавания, конвентирования и работы с Djvu файлами.

При осуществлении образовательного процесса студентами и преподавателем используются следующие информационно справочные системы: ЭБС «АйПиЭрбукс», ЭБС «Консультант студента», СПС «Консультант плюс», СПС «Гарант».

## **8.2 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые) - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ не визуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;
3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие) – звукоусиливающая аппаратура, мультимедийные средства и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах;
4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитает и оформит задание, в том числе записывая под диктовку);
- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения зачете/экзамена оформляются увеличенным шрифтом;
- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;
- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;
- в) для глухих и слабослышащих:
  - на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);
  - зачет/экзамен проводится в письменной форме;
  - обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
  - по желанию студента экзамен может проводиться в письменной форме;
- д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):
  - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
  - по желанию студента экзамен проводится в устной форме.



**Лист**  
**изменений (дополнений) в рабочую программу**  
 по дисциплине «Неклассические уравнения математической физики» направления подготовки  
01.03.01 – «Математика», профиль «Дифференциальные уравнения, динамические системы и  
оптимальное управление» на \_\_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры алгебры и дифференциальных уравнений

Протокол № \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Критерии оценки качества освоения дисциплины**

**Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

Основными этапами формирования компетенций при изучении студентами дисциплины являются последовательное формирование результатов обучения по дисциплине. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Код компетенции	РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ				
		шкала по традиционной пятибалльной системе				
		недопуск	неудовлетворительно	Удовлетворительно /диф.зачет	хорошо/ диф.зачет	отлично/ диф.зачет
		шкала по балльно-рейтинговой системе				
		0 – 35	36 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
<b>ПК-3-</b> способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата	<b>Знать:</b> - фундаментальные понятия, соответствующие базовым разделам математики; - формулировки утверждений и методы их доказательства; - математические способы доказательств.	Не знает	Плохо знает фундаментальные понятия, соответствующие базовым разделам математики	Знает основные понятия, однако неудовлетворительно ориентируется в разделах математики	Хорошо владеет обобщённым способом решения конкретно-практических задач	Способен выделить последовательность общих положений математики (определений, аксиом, теорем, правил, законов, свойств, формул), применяя которые к условиям задачи или к их следствиям (промежуточные результаты решения), получает то, что требуется найти в задаче – ответ
	<b>Уметь:</b> - доказывать фундаментальные математические утверждения; - проводить доказательства математических утверждений; - использовать математический аппарат в своей профессиональной деятельности.	Не умеет	Не способен к формализации математического материала (отделение формы от содержания), к обобщению математического материала, при доказательстве математических утверждений	Не может отобрать нужные выводы из условий, применить аксиомы и теоремы при доказательстве	Умеет точно и сжато выражать математическую мысль в устном и письменном изложении, использовать соответствующую символику при доказательстве	Уверенно владеет математическими знаниями и навыками, предусмотренными программой, умеет применять их при доказательстве фундаментальных математических утверждений

	<b>Владеть:</b> - базовыми знаниями в области математики, навыками сбора и работы с математическими источниками информации; - аппаратом профильных предметных областей, методами доказательства утверждений; - способностью сформулировать результат и увидеть следствия этого результата.	Не владеет	Не владеет базовыми знаниями, навыками сбора и работы с математическими источниками информации	Не достаточно владеет базовыми знаниями, навыками сбора и работы с математическим и источниками информации	Достаточно хорошо владеет базовыми знаниями, может выработать формально-оперативные умения и научиться применять их к решению математических и нематематических задач	Свободно владеет основными знаниями в области математики, отлично ориентируется в математических источниках информации
--	---	------------	--	--	---	--