

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 _____ М.С. Нирова
« ____ » _____ 2024г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФ и М
_____ Б.И. Кунижев
« ____ » _____ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ»
(код и наименование дисциплины)

Программа специалитета
01.05.01 Фундаментальные математика и механика
(код и наименование программы специалитета)

Направленность (профиль)
Фундаментальная математика
(наименование направленности (профиля))

Квалификация (степень) выпускника
специалист

Форма обучения
очная

Нальчик 2024

Рабочая программа дисциплины «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» /сост. О.И. Бжеумихова – Нальчик: КБГУ, 2024. – 48 с.

Рабочая программа предназначена для студентов очной формы обучения по программе специалитета 01.05.01 Фундаментальные математика и механика, профиль «Фундаментальная математика» в 9 семестре, 5 курса.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 01.05.01 Фундаментальные математика и механика (уровень специалитета), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 10.01.2018г. №16 (зарегистрировано в Минюсте РФ 6 февраля 2018г. № 49943).

Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)	3
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1. Содержание дисциплины (модуля).....	4
4.2. Структура дисциплины (модуля)	6
4.3. Лекционные занятия.....	7
4.4. Практические занятия	8
4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины.....	8
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	9
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	25
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины	27
7.1. Нормативно-законодательные акты	27
7.2. Основная литература.....	27
7.5. Интернет-ресурсы.....	28
7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы	31
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	37
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины	40
Приложение 1.....	41
Приложение 2.....	42

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Математическое моделирование многих процессов, происходящих в реальном мире, приводит к изучению нестандартных начально-краевых, прямых и обратных задач для дифференциальных уравнений, не имеющих аналогов в классических курсах. В частности, такие базовые дисциплины как «Дифференциальные уравнения» и «Уравнения в частных производных» содержат материал по линейным уравнениям, в то время как на практике значительно чаще приходится иметь дело с нелинейными уравнениями. При этом аналитическое исследование подобных уравнений и задач для них, требует применения специальных методов, характерных для определенных классов уравнений. Более того, даже для уравнений, принадлежащих одному классу могут применяться различные методы исследования. При этом, особую роль играют структурные свойства решений уравнений разных порядков, классов и типов, которые позволяют более эффективно проводить исследования уравнений в частных производных.

В связи с этим, основными целями дисциплины являются:

- ознакомить студентов с современными аналитическими методами решения дифференциальных уравнений;
- выработать у студентов навыки применения различных методов к исследованию нелинейных уравнений и задач для них;
- развить способности к практическому применению полученных навыков.

Задачи дисциплины:

- усвоение студентами основного теоретического материала курса;
- выработка прочного навыка по решению соответствующих уравнений;
- приобретение студентами знаний, позволяющих применять их в различных научных отраслях.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)», части формируемой участниками образовательных отношений, является дисциплиной по выбору основной образовательной программы специалитета 01.05.01 Фундаментальные математика и механика, профиль «Фундаментальная математика».

Приступая к изучению данной дисциплины обучающийся должен освоить следующие дисциплины:

- Математический анализ
- Дифференциальные уравнения
- Функциональный анализ
- Уравнения с частными производными

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующей профессиональной компетенции (ПКС) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

- Умение ясно и понятно представлять математические знания с учетом уровня аудитории (ПКС-1).

Индикаторы достижения компетенции ПКС-1:

ПКС-1.1. Способен обрабатывать, анализировать и осуществлять сбор информации по заданной тематике.

ПКС-1.2. Способен формулировать математические знания с учетом уровня слушателей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать основной теоретический материал курса, позволяющий исследовать нелинейные уравнения в частных производных.

Уметь применять полученные теоретические знания на практике.

Владеть специальными методами исследования, основанными на структурных свойствах решений уравнений математической физики.

Приобрести опыт деятельности по доказательству разрешимости нелинейных уравнений различных порядков на основе соответствующих методов.

Развить способности к научно-исследовательской деятельности.

4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

4.1. Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела/темы	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
1	<i>Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений</i>	Цель и задачи дисциплины. Обзор научной и учебной литературы по курсу. Связь с другими дисциплинами. Теоретическая и практическая ценность курса. Модельные задачи, редуцируемые к нелинейным дифференциальным уравнениям.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
2	<i>Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях.</i>	Уравнения, допускающие построения точного решения в виде: 1) $w(x, t) = \varphi(x)\psi(t)$, 2) $w(x, t) = \varphi(x) + \psi(t)$, 3) $w(x, t) = \varphi(x)\psi(t) + \chi(t)$	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
3	<i>Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях</i>	Построение точных решений нелинейных дифференциальных уравнений с квадратичной и кубической нелинейностью.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
4	<i>Структура решений с обобщенным разделением переменных</i>	Нелинейные уравнения математической физики с разделяющимися переменными допускающие точные решения в виде сумм $w(x, y) = \varphi_1(x)\psi_1(y) + \varphi_2(x)\psi_2(y) + \dots + \varphi_n(x)\psi_n(y)$	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т

5	Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования	Редукция уравнений с частными производными к функционально-дифференциальным уравнениям. Процедура решения ФДУ методом дифференцирования.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
6	Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления	Сведение решения ФДУ к последовательному решению линейного функционального уравнения стандартного вида и решению системы ОДУ (т.е. расщепления задачи на две более простых).	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
7	Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью	Построение точных решений нелинейных уравнений в виде $\omega(x, y) = \varphi_1(x)\psi_1(y) + \dots + \varphi_n(x)\psi_n(y)$, в случаях, когда: $\varphi_i(x) = x^i$, $\varphi_i(x) = e^{\lambda_i x}$, $\varphi_i(x) = \sin(\alpha_i x)$, $\varphi_i(x) = \cos(\beta_i x)$	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
8	Структура решений при функциональном разделении переменных	Построение аналитических решений нелинейных дифференциальных уравнений в виде: $\omega(x, y) = F(z)$, где $z = \sum_{m=1}^n \varphi_m(x)\psi_m(y)$.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
9	Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев	Решения с функциональным разделением переменных частного вида: $\omega = F(z)$, где $z = \psi_1(y)x + \psi_2(y)$, $\omega = F(z)$, где $z = \psi_1(y)x^2 + \psi_2(y)$, $\omega = F(z)$, где $z = \psi_1(y)e^{\lambda x} + \psi_2(y)$.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
10	Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных	Использование метода дифференцирования для построения точных решений нелинейных уравнений, допускающих функциональное разделение переменных.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
11	Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными	Сведение решения функционально-дифференциального уравнения с тремя аргументами к решению чисто функционального уравнения с двумя аргументами и системы ОДУ	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т

12	<i>Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн</i>	Исследование отдельных функциональных уравнений с тремя аргументами, которые наиболее часто встречаются при функциональном разделении переменных в нелинейных уравнениях математической физики. Построение точных решений отдельных нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
13	<i>Дифференциальные уравнения в естествознании</i>	Изучение математических моделей основанных на нелинейных дифференциальных уравнениях. Популяционные модели и проблемы математической биологии.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
14	<i>Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности</i>	Моделирование профилей поверхностей малых капель расплавов в различных температурных режимах. Исследование процесса конвекции в малой капле, лежащей на горизонтальной твердой поверхности.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т
15	<i>Исследование кинетики процессов растекания капель</i>	Влияние постоянного тока на форму капиллярных поверхностей жидких фаз. Исследование математической модели движения поверхности малой капли в переменном электромагнитном поле.	ПКС-1	ДЗ, КР, К, Т

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), 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.

4.2. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы (216 часов).

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	9 семестр	Всего
Общая трудоемкость (в часах)	216	216
Контактная работа (в часах):	72	72
<i>Лекции (Л)</i>	36	36
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	36	36
Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:	144	144
<i>Самостоятельное изучение разделов</i>	111	111

Вид работы	Трудоемкость, часов	
	9 семестр	Всего
Контрольная работа (КР)	6	6
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен

4.3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1	<i>Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений. Цель и задачи изучения темы – ознакомить студентов с целями и задачами дисциплины. Провести обзор научной и учебной литературы по курсу. Указать связь с другими дисциплинами, теоретическую и практическую ценность курса. Ознакомить с модельными задачами, редуцируемыми к нелинейным дифференциальным уравнениям.</i>
2	<i>Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях. Цель и задачи изучения темы – изучить простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях.</i>
3	<i>Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях. Цель и задачи изучения темы – изучить построение точных решений нелинейных дифференциальных уравнений с квадратичной и кубической нелинейностью.</i>
4	<i>Структура решений с обобщенным разделением переменных. Цель и задачи изучения темы – исследовать нелинейные уравнения математической физики с разделяющимися переменными допускающие точные решения в виде сумм.</i>
5	<i>Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования. Цель и задачи изучения темы – исследовать процедуру решения ФДУ методом дифференцирования.</i>
6	<i>Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления. Цель и задачи изучения темы – изучить сведение решения ФДУ к последовательному решению линейного функционального уравнения стандартного вида и решению системы ОДУ (т.е. расщепления задачи на две более простых).</i>
7	<i>Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью. Цель и задачи изучения темы – исследовать построение точных решений нелинейных уравнений.</i>
8	<i>Структура решений при функциональном разделении переменных. Цель и задачи изучения темы – изучить построение аналитических решений нелинейных дифференциальных уравнений при функциональном разделении переменных.</i>
9	<i>Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев. Цель и задачи изучения темы – ознакомить с применением метода функционального разделения переменных для частных случаев.</i>
10	<i>Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных. Цель и задачи изучения темы – изучить решения с функциональным разделением переменных частного вида.</i>
11	<i>Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными. Цель и задачи изучения темы – исследовать использование метода дифференцирования для построения точных решений нелинейных уравнений,</i>

	допускающих функциональное разделение переменных.
12	<i>Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн. Цель и задачи изучения темы</i> – исследование отдельных функциональных уравнений с тремя аргументами, которые наиболее часто встречаются при функциональном разделении переменных в нелинейных уравнениях математической физики. Построение точных решений отдельных нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.
13	<i>Дифференциальные уравнения в естествознании. Цель и задачи изучения темы</i> – изучение математических моделей, основанных на нелинейных дифференциальных уравнениях.
14	<i>Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности. Цель и задачи изучения темы</i> – исследование процесса конвекции в малой капле, лежащей на горизонтальной твердой поверхности.
15	<i>Исследование кинетики процессов растекания капель. Цель и задачи изучения темы</i> – изучить влияние постоянного тока на форму капиллярных поверхностей жидких фаз. Исследовать математической модели движения поверхности малой капли в переменном электромагнитном поле.

4.4. Практические занятия

№ п/п	Тема
1	Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений
2	Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях.
3	Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях
4	Структура решений с обобщенным разделением переменных
5	Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования
6	Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления
7	Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью
8	Структура решений при функциональном разделении переменных
9	Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев
10	Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных
11	Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными
12	Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн
13	Дифференциальные уравнения в естествознании
14	Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности
15	Исследование кинетики процессов растекания капель

4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1	Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений

2	Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях.
3	Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях
4	Структура решений с обобщенным разделением переменных
5	Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования
6	Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления
7	Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью
8	Структура решений при функциональном разделении переменных
9	Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев
10	Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных
11	Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными
12	Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн
13	Дифференциальные уравнения в естествознании
14	Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности
15	Исследование кинетики процессов растекания капель

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 «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» 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 «Структурные свойства решений

дифференциальных уравнений в частных производных» (контролируемые компетенции ПКС-1)

Устный опрос является одним из основных способов учёта знаний обучающегося по дисциплине «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных». Развёрнутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения.

Устные опросы проводятся во время практических занятий, а также в качестве дополнительного испытания при недостаточности результатов тестирования и решения задач. Вопросы опроса не должны выходить за рамки, объявленной для данного занятия темы. Устные опросы необходимо строить так, чтобы вовлечь в тему обсуждения максимальное количество обучающихся в группе, проводить параллели с уже пройденным учебным материалом данной дисциплины, находить удачные примеры из современной действительности, что увеличивает эффективность усвоения материала.

Основные вопросы для устного опроса доводятся до сведения студентов на предыдущем практическом занятии. При оценке опросов анализу подлежит точность формулировок, связность изложения материала, обоснованность суждений.

Вопросы по темам дисциплины «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» (контролируемые компетенции ПКС-1):

Тема 1. Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений.

1. Связь с другими дисциплинами. Теоретическая и практическая ценность курса.
2. Модельные задачи, редуцируемые к нелинейным дифференциальным уравнениям.

Тема 2. Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях.

1. Уравнения, допускающие построения точного решения в виде:

$$1) \ w(x, t) = \varphi(x)\psi(t),$$

$$2) \ w(x, t) = \varphi(x) + \psi(t),$$

$$3) \ w(x, t) = \varphi(x)\psi(t) + \chi(t)$$

Тема 3. Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях.

1. Построение точных решений нелинейных дифференциальных уравнений с квадратичной и кубической нелинейностью.

Тема 4. Структура решений с обобщенным разделением переменных.

1. Нелинейные уравнения математической физики с разделяющимися переменными допускающие точные решения в виде сумм

$$\omega(x, y) = \varphi_1(x)\psi_1(y) + \varphi_2(x)\psi_2(y) + \dots + \varphi_n(x)\psi_n(y).$$

Тема 5. Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования.

1. Редукция уравнений с частными производными к функционально-дифференциальным уравнениям.

2. Процедура решения ФДУ методом дифференцирования.

Тема 6. Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления.

1. Сведение решения ФДУ к последовательному решению линейного функционального уравнения стандартного вида и решению системы ОДУ (т.е. расщепления задачи на две более простых).

Тема 7. Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью.

1. Построение точных решений нелинейных уравнений в виде

$$\omega(x, y) = \varphi_1(x)\psi_1(y) + \dots + \varphi_n(x)\psi_n(y),$$

в случаях, когда:

$$\varphi_i(x) = x^i, \varphi_i(x) = e^{\lambda_i x}, \varphi_i(x) = \sin(\alpha_i x), \varphi_i(x) = \cos(\beta_i x)$$

Тема 8. Структура решений при функциональном разделении переменных.

1. Построение аналитических решений нелинейных дифференциальных уравнений в виде:

$$\omega(x, y) = F(z),$$

где $z = \sum_{m=1}^n \varphi_m(x)\psi_m(y).$

Тема 9. Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев.

1. Решения с функциональным разделением переменных частного вида:

$$\omega = F(z), \text{ где } z = \psi_1(y)x + \psi_2(y),$$

$$\omega = F(z), \text{ где } z = \psi_1(y)x^2 + \psi_2(y),$$

$$\omega = F(z), \text{ где } z = \psi_1(y)e^{\lambda x} + \psi_2(y).$$

Тема 10. Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных.

1. Использование метода дифференцирования для построения точных решений нелинейных уравнений, допускающих функциональное разделение переменных.

Тема 11. Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными.

1. Сведение решения функционально-дифференциального уравнения с тремя аргументами к решению чисто функционального уравнения с двумя аргументами и системы ОДУ.

Тема 12. Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.

1. Исследование отдельных функциональных уравнений с тремя аргументами, которые наиболее часто встречаются при функциональном разделении переменных в нелинейных уравнениях математической физики.

2. Построение точных решений отдельных нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.

Тема 13. Дифференциальные уравнения в естествознании.

1. Изучение математических моделей, основанных на нелинейных дифференциальных уравнениях.
2. Популяционные модели и проблемы математической биологии.

Тема 14. Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности.

1. Моделирование профилей поверхностей малых капель расплавов в различных температурных режимах.
2. Исследование процесса конвекции в малой капле, лежащей на горизонтальной твердой поверхности.

Тема 15. Исследование кинетики процессов растекания капель.

1. Влияние постоянного тока на форму капиллярных поверхностей жидких фаз.
2. Исследование математической модели движения поверхности малой капли в переменном электромагнитном поле.

Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса.

В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:

4 балла, ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное экономических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

3 балла, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

2-1 балл, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

0 баллов, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

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-1)

Перечень типовых задач для самостоятельной работы сформирован в соответствии с тематикой практических занятий по дисциплине «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных».

Тема 1. Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений

Построить решение следующих уравнений:

1. $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + 3z = x^2;$

2. $\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 + 2z^2 + x^2 = 3y^2;$

3. $3\frac{\partial z}{\partial x} + 7\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 = 0;$

4. $2\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^3 - 5\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 = 0;$

5. $\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 - 3\frac{\partial z}{\partial y} = z^2;$

6. $3\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^3 - 4\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{1}{z}.$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Введение в теорию нелинейных дифференциальных уравнений». Основная цель овладеть навыками исследования нелинейных дифференциальных уравнений.

Тема 2. Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях

Построить решение следующих уравнений:

1. $e^{2x}\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + y^2\frac{\partial z}{\partial y} = 0;$

2. $yx^4\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 - xy^4\frac{\partial z}{\partial y} = 0;$

3. $\frac{1}{2x}\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + y^2\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 = 4z^2;$

4. $e^{3x}\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \sqrt{y}\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{1}{z};$

$$5. 7 \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{y}{x} \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^3 = 0;$$

$$6. \left(x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} - z^2 \right)^2 + \frac{y}{x} \left(\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial z}{\partial y} \right) = 0.$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях». Основная цель овладеть навыками исследования простейших случаев разделения переменных в нелинейных уравнениях.

Тема 3. Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях

Построить решение следующих уравнений:

$$1. \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = (x^2 + y^2) \left(y \frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} \right);$$

$$2. \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = e^{5(x^2+y^2)} \left(y \frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} \right);$$

$$3. \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = \frac{2}{x^2 + y^2} \left(y \frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} \right) + 2 \frac{\partial z}{\partial x} \frac{\partial z}{\partial y};$$

$$4. \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = \frac{e^{5(x^2+y^2)}}{x^2 + y^2} \left(y \frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} \right);$$

$$5. x^3 \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{3}{y^2} z \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^3 = 0;$$

$$6. e^{3x} \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 - \frac{z}{y^2} \frac{\partial z}{\partial y} = 0.$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Нетривиальное разделение переменных в нелинейных уравнениях». Основная цель овладеть навыками по разделению переменных в нелинейных уравнениях.

Тема 4. Структура решений с обобщенным разделением переменных.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

$$1. \left(4 \frac{\partial z}{\partial x} - 3 \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y};$$

$$2. z = x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} + 6 \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2;$$

$$3. z = x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} + 7 \left[\frac{\partial z}{\partial x} - \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 \right];$$

4. $2x^2 \frac{\partial z}{\partial x} - 5y^3 \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = 0;$
5. $e^{5y} \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 + \frac{2}{3y} \frac{\partial z}{\partial y} = 0;$
6. $\left(x \frac{\partial z}{\partial x} - z \right)^2 + y \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} = 0.$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Структура решений с обобщенным разделением переменных». Основная цель овладеть навыками исследования структуры решений с обобщенным разделением переменных.

Тема 5. Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + a\omega + b\omega^m;$
2. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} - 6\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0;$
3. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + a \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} - b\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0;$
4. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{a}{t} \omega + b\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} + \beta \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} = 0;$
5. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} - 6\omega^2 \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0;$
6. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + a\omega^k \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0.$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования». Основная цель овладеть навыками исследования решений функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования.

Тема 6. Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = \omega^3 \frac{\partial^3 \omega}{\partial t^3};$
2. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + a \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + b\omega \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^k = 0;$
3. $\frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = K \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)^{n-1} \frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3};$

$$4. \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = K \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)^{n-1} \frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3} + f(x);$$

$$a) f(x) = ax^m; \quad b) f(x) = ae^{bx};$$

$$5. \frac{\partial \omega}{\partial t} + a\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} + b\omega \frac{\partial^3 \omega}{\partial t^3} = 0;$$

$$6. \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} + \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 - \omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = v \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3}.$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления». Основная цель выработать навыки исследования решений функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления.

Тема 7. Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

$$1. \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = f(y) \frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3} + g(y)x + h(y);$$

$$2. \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = \frac{\partial}{\partial y} \left[f(y) \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right] + g(y)x + h(y);$$

$$3. \frac{\partial \omega}{\partial t} = \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} + \beta \frac{\partial^3 \omega}{\partial t \partial x^2};$$

$$4. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} = 0;$$

$$5. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial}{\partial x} \left(\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + b \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4};$$

$$6. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a\omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + b \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + c\omega^2 - f(t) \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} - g(t) \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} - h(t)\omega - p(t).$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью». Основная цель выработать навыки по упрощенной схеме построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью.

Тема 8. Структура решений при функциональном разделении переменных.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

$$1. \frac{\partial^3 \omega}{\partial t \partial x^2} + \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} - \omega \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} = f(t) \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4};$$

$$2. \frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b\omega \ln \omega + f(t)\omega;$$

3. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(t)\omega \ln \omega + g(t)\omega;$
4. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(t)\omega \ln \omega + [g(t)x + h(t)]\omega;$
5. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x)\omega \ln \omega + [bf(x)t + g(x)]\omega.$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Структура решений при функциональном разделении переменных». Основная цель приобрести опыт деятельности по теме.

Тема 9. Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x) \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + g(x) + h(t);$
2. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(\omega) \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^k;$
3. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a\omega \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b\omega^2 + f(t)\omega + g(t);$
4. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a\omega \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n};$
5. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a\omega \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x)\omega \frac{\partial \omega}{\partial x} + g(t)\omega + h(t).$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Применение метода функционального разделения переменных для частных случаев». Основная цель выработать навыки применения метода функционального разделения переменных для частных случаев.

Тема 10. Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b\omega \ln \omega + f(t)\omega;$
2. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b\omega \ln \omega + [f(x) + g(t)]\omega;$
3. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x)\omega \ln \omega + [bf(x)t + g(x)]\omega;$
4. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + c\omega + f(t);$

$$5. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x) \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + g(x) + h(t).$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных». Основная цель выработать навыки по применению метода дифференцирования в случае функционального разделения переменных.

Тема 11. Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

$$1. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \omega \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x) \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} + g(t) \omega + h(t)$$

$$2. \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} = f(x) \frac{\partial^n \omega}{\partial y^n}$$

$$3. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \omega \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(t) \omega - g(t);$$

$$4. \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \omega \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b \omega^2 + f(t) \omega + g(t).$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Метод расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными». Основная цель выработать навыки по применению метода расщепления и редукция к функциональному уравнению с двумя переменными.

Тема 12. Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

$$1. \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{1}{x^2} \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = 0;$$

$$2. \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^3 - y^3 \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 = 0;$$

$$3. 3 \left(x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 - \frac{\partial z}{z \partial x} = 0;$$

$$4. 5 \left(x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 - z \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 = 0;$$

$$5. 3 \frac{\partial z}{\partial x} - \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y}.$$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Точные решения нелинейных уравнений

теплопроводности и теории волн». Основная цель исследования точных решений нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.

Тема 13. Дифференциальные уравнения в естествознании.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $x \left(x \frac{\partial z}{\partial x} - z \right) = y \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial y} \right)^2$;
2. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + b \omega^k$;
3. $\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} - a e^{\omega} \frac{\partial \omega}{\partial x} = 0$;
4. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + (a \ln \omega + b) \frac{\partial \omega}{\partial x}$.
5. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial t} + \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 - \omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \nu \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + f(t)$, если $f(t) = A e^{-\beta t}$, $A > 0$, $\beta > 0$.

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Дифференциальные уравнения в естествознании». Основная цель исследования дифференциальных уравнений в естествознании.

Тема 14. Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = \omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} - \frac{3}{4} \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 - a(t) \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} - b(t) \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} - c(t) \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} - d(t) \frac{\partial \omega}{\partial x} - e(t) \omega - f(t)$;
2. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = f(t) \omega \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + g(t) \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + h(t) \frac{\partial \omega}{\partial x} + p(t) \omega + q(t)$.
3. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + c \omega + f(t)$;
4. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + b \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + c \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} + k \omega^2 + f(t) \omega + g(t)$.
5. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n}{\partial x^n} \left(e^{\lambda \omega} \frac{\partial^k \omega}{\partial x^k} \right) + f(x) e^{\lambda \omega}$.

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности». Основная цель исследования математических моделей статических явлений теории капиллярности.

Тема 15. Исследование кинетики процессов растекания капель.

Построить аналитическое решение следующих уравнений:

1. $\frac{\partial \omega}{\partial t} = \sum_{k=0}^n [f_k(t) \ln \omega + g_k(t)] \frac{\partial^k \omega}{\partial x^k};$
2. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial t} + \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 - \omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \nu \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + f(t),$ если $f(t) = Ae^{\beta t}, A < 0, \beta > 0;$
3. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial t} + \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 - \omega \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = \nu \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + f(t),$ если б) $f(t) = Ae^{\beta t}, A > 0, \beta > 0;$
4. $3 \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)^2 - 2 \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)^2 = x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y};$
5. $\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + f(x) \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + b\omega + g(x) + h(t).$

Методические рекомендации по решению задач

При выполнении заданий необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Исследование кинетики процессов растекания капель». Основная цель исследования кинетики процессов растекания капель.

Критерии формирования оценок по заданиям для самостоятельной работы студента (типовые задачи):

«отлично» (4 балла) - обучающийся показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, избегая простого повторения информации из текста, информация представлена в переработанном виде. Свободно использует необходимые формулы при решении задач;

«хорошо» (3 балла) - обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач;

«удовлетворительно» (2 балла) - обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности при решении задач;

«неудовлетворительно» (менее 1 балла) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.

5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля

Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится **три таких контрольных мероприятия по графику.**

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течении учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

5.2.1. Оценочные материалы для контрольной работы (контролируемые компетенции и ПКС-1). Контрольная работа – письменная работа небольшого объема, предполагающая проверку знаний заданного к изучению материала и навыков его практического применения. Проводится три раза в течение изучения дисциплины (семестр) в часы аудиторной работы. Не менее чем за 1 неделю до контрольной работы, преподаватель должен определить студентам исходные данные для подготовки: назвать разделы (темы, вопросы), по которым будут контрольные задания, теоретические источники (с точным указанием разделов, тем, статей) для подготовки.

Контрольные работы могут состоять из одного или нескольких заданий практического содержания. При выполнении контрольной работы пользоваться конспектами лекций, учебниками, задачками не разрешено. Длительность решения контрольных заданий составляет не более 90 минут.

Образцы контрольных заданий:

Рейтинговая контрольная работа №1

Построить аналитическое решение следующего уравнения:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + a\omega + b\omega^m.$$

Рейтинговая контрольная работа №2

Построить аналитическое решение следующего уравнения:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n}{\partial x^n} \left(e^{\lambda \omega} \frac{\partial^k \omega}{\partial x^k} \right).$$

Рейтинговая контрольная работа №3

Построить аналитическое решение следующего уравнения:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = a \frac{\partial^n \omega}{\partial x^n} + [f(t) \ln \omega + g(t)] \frac{\partial \omega}{\partial x}.$$

Критерии формирования оценок по контрольным работам:

7 баллов - ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов; обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 100% задач;

6 баллов – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

5 баллов – ставится за работу, если студент 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

менее 4 баллов – ставится за работу, если 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.

5.2.2. Оценочные материалы: типовые тестовые задания по дисциплине «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» (контролируемые компетенции ПКС-1). Тест – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений студента. Решение заданий в тестовой форме проводится три раза в течение семестра на платформе <http://open.kbsu.ru/moodle/>. Не менее чем за 1 неделю до тестирования, преподаватель должен определить студентам исходные данные для подготовки к тестированию: назвать разделы (темы, вопросы), по которым будут задания в тестовой форме, теоретические источники (с точным указанием разделов, тем, статей) для подготовки.

Оценка результатов тестирования производится компьютерной программой, результат выдается немедленно по окончании теста. Максимальный балл за решение заданий в тестовой форме – 5 баллов. До окончания теста студент может еще раз просмотреть все свои ответы на задания и при необходимости внести коррективы.

Полный перечень тестовых заданий представлен в ЭОИС – <http://open.kbsu.ru/moodle/course/search.php?search=%>

Образцы тестовых заданий:

1) Квазилинейным является уравнение

$$-: x^3 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - y^2 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + x^2 y^3 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = 0$$

$$+: (u_x)^{-3} \cdot u_{yy} - (u_y)^{-2/5} \cdot u_{xx} + 7u_{xy} = 0$$

$$-: u_{xx} + 7u_{yy} - x \cdot u_{xy} = \frac{4}{u_{xx}}$$

$$-: (u_{xx} - u_{xy})^2 = u_x \cdot u_{yy} + 7u_y$$

2) При переходе к новой искомой функции в целях упрощения линейных уравнений с постоянными коэффициентами, приведенных к каноническому виду используют следующую замену ...

$$+: U(x, y) = e^{\lambda x + \mu y} \cdot V(x, y)$$

$$-: U(\xi, \eta) = e^{\lambda + \mu} \cdot V(\xi, \eta)$$

$$-: U(\xi, \eta) = e^{\xi + \eta} \cdot V(\xi, \eta)$$

$$-: U(x, y) = e^{x+y} \cdot V(\lambda x, \mu y)$$

3) Если известно, что нелинейное уравнение имеет следующую структуру решения:

$$\omega(x, y) = F(z), \text{ где } z = \sum_{m=1}^n \varphi_m(x) \psi_m(y), \text{ то такое решение называют}$$

+: решением с функциональным разделением переменных

-: обобщенным решением

-: решением с разделением переменных в виде произведения

-: решением типа Фурье

5.3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» в виде проведения экзамена. На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

Полный перечень вопросов, выносимых на экзамен

(контролируемые компетенции ПКС-1):

1. Простейшие случаи разделения переменных в нелинейных уравнениях.
2. Примеры нетривиального разделения переменных в нелинейных уравнениях.
3. Структура решений с обобщенным разделением переменных.
4. Решение функционально-дифференциальных уравнений методом дифференцирования.
5. Решение функционально-дифференциальных уравнений методом расщепления.
6. Упрощенная схема построения точных решений уравнений с квадратичной нелинейностью.
7. Структура решений с функциональным разделением переменных.
8. Решения с функциональным разделением переменных частного вида.
9. Метод дифференцирования в случае функционального разделения переменных.
10. Метод расщепления. Редукция к функциональному уравнению с двумя переменными.
11. Точные решения нелинейных уравнений теплопроводности и теории волн.
12. Применяя метод Фурье свести вопрос разрешимости уравнения

$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = x^n w^m \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ к вопросу разрешимости соответствующих ОДУ.

13. Редуцировать вопрос разрешимости уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = a e^{\lambda w} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ к вопросу разрешимости соответствующего ОДУ, применяя метод функционального разделения переменных: $w = w(z)$, $z = \frac{x+A}{t+B}$.

14. Доказать существование решения уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(e^{\lambda w} \frac{\partial w}{\partial x} \right)$ методом функционального разделения переменных: $w = w(z)$, $z = x + \mu t$.

15. Исследовать применимость поиска решения в виде $w(x, t) = X(x) + T(t)$ для уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + a \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(b e^{\lambda w} \frac{\partial w}{\partial x} \right)$.

16. Методом функционального разделения переменных: $w = t^{-1/n} \cdot \varphi(\xi)$, $\xi = \frac{x}{t}$,

получить ОДУ, соответствующее уравнению $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + w^n \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$.

17. Применяя метод Фурье свести вопрос разрешимости уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left(x^n w^m \frac{\partial w}{\partial x} \right)$ к вопросу разрешимости соответствующих ОДУ.

18. Редуцировать вопрос разрешимости уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + e^w \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ к вопросу разрешимости соответствующего ОДУ, применяя метод функционального разделения переменных: $w(x, t) = u(z) - \ln t$, $z = \frac{x}{t}$.

19. Получить ОДУ, соответствующее уравнению $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + w^5$ для решения типа бегущей волны: $w = w(z)$, $z = \alpha x + \beta t$.

20. Доказать существование решения уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (x^2 - t^2)w$ методом функционального разделения переменных: $w = w(\xi)$, $\xi = \frac{1}{2}(x^2 - t^2)$.

21. Редуцировать вопрос разрешимости уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + (x^2 - t^2)w^2$ к вопросу разрешимости соответствующего ОДУ, применяя метод функционального разделения переменных: $w = w(z)$, $z = xt$.

22. Построить систему ОДУ для функций $\varphi(t)$ и $\psi(x)$, определяющих точное решение уравнения $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + w$ в виде $w(x, t) = \varphi(t) + \psi(x)$.

Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации. Уровень знаний определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

1. Оценка «отлично» (91-100 баллов) - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

2. Оценка «хорошо» (81-90 баллов) - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

3. Оценка «удовлетворительно» (61-80 баллов) - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

4. Оценки «неудовлетворительно» (36-60 баллов) - студент показывает недостаточные знания программного материала, не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускаются грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на поставленный вопрос или затрудняется с ответом.

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

Максимальная сумма (100 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 (не более 30 –баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» является экзамен. Общий балл текущего и рубежного контроля складывается из составляющих, приведенных в Приложении 1.

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися. Критерии оценки качества освоения дисциплины прилагается (Приложение 2).

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенций и ПКС-1 представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Код и наименование компетенции	Основные показатели оценки результатов обучения	Индикаторы достижения компетенции	Вид оценочного материала, обеспечивающие формирование компетенций
ПКС-1. Умение ясно и понятно представлять математические знания с учетом уровня аудитории	<p>Знать: Перспективные научные направления в профильной предметной области.</p> <p>Умеет: использовать методы решения задач фундаментальной и прикладной математики при</p>	ПКС-1.1. Способен обрабатывать, анализировать и осуществлять сбор информации по заданной тематике.	Типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1, №№5 и т.д.</i>), типовые контрольные работы (<i>раздел 5.2.1, №№1-3 и т.д.</i>), типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.2, №№1-5 и т.д.</i>), типовые оценочные материалы к экзамену (<i>раздел 5.3, №№1-5 и т.д.</i>), примерные темы курсовых работ (<i>раздел 5.4, №№1-5 и</i>

	<p>построении и исследовании в математических моделей естествознании.</p> <p>Владеет: навыками использования универсальности математических моделей в научных и прикладных исследованиях.</p>		<i>т.д.)</i>
	<p>Знает: современные вычислительные технологии и области применения при построении математических моделей.</p> <p>Умеет: проводить исследования готовых математических моделей на пригодность в различных реальных процессах и определять области применения моделей.</p> <p>Владеет: навыками использования современных пакетов прикладного программного обеспечения для решения задач математического моделирования в различных предметных областях.</p>	ПКС-1.2. Способен формулировать математические знания с учетом уровня слушателей	<p>Типовые оценочные материалы для устного опроса (<i>раздел 5.1.1, №№5 и т.д.</i>), типовые контрольные работы (<i>раздел 5.2.1, №№1-3 и т.д.</i>), типовые тестовые задания (<i>раздел 5.2.2, №№1-5 и т.д.</i>), типовые оценочные материалы к экзамену (<i>раздел 5.3, №№1-5 и т.д.</i>), примерные темы курсовых работ (<i>раздел 5.4, №№1-5 и т.д.</i>)</p>

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

- Умение ясно и понятно представлять математические знания с учетом уровня аудитории (ПКС-1).

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 Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. № 16 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 01.05.01 Фундаментальная математика и механика» – Режим доступа: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71773266/>

7.2. Основная литература

1. Астахова И.В. Качественные свойства решений дифференциальных уравнений и смежные вопросы спектрального анализа [Электронный ресурс]: научное издание/ И.В. Астахова [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017.— 646 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81638.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Пичугин Б.Ю. Уравнения математической физики: курс лекций/ Пичугин Б.Ю., Пичугина А.Н. [Электронный ресурс] – Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016. – 180 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59669.html>. – ЭБС «IPRbooks»
3. Интегральные уравнения: учебное пособие / О.В. Новоселов [и др.].. — Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2020. — 122 с. <https://www.iprbookshop.ru/107201.html> – ЭБС «IPRbooks»

7.3. Дополнительная литература

1. Багдоев А.Г., Линейные и нелинейные волны в диспергирующих сплошных средах [Электронный ресурс] / Багдоев А.Г., Ерофеев В.И., Шекоян А.В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 320 с. - ISBN 978-5-9221-1149-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111492.html>
2. Жемухов, Р.Ш. и др. Нелинейные дифференциальные уравнения математической физики [Текст]: Учебное пособие / Р.Ш. Жемухов, М.Р.Яхутлова, А.Р.Бечелова, Ф.А.Эржибова. - Нальчик: Каб.-Балк.ун-т, 2017. – 116 с. (19 экз.)
3. Зайцев В.Ф., Справочник по дифференциальным уравнениям с частными производными первого порядка [Электронный ресурс] / Зайцев В.Ф., Полянин А.Д. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-0287-2 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922102872.htm>
4. Зайцев В.Ф., Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям [Электронный ресурс] / Зайцев В.Ф., Полянин А.Д. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 576 с. - ISBN 5-9221-0102-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101021.html>
5. Матросов В.Л., Асланов Р.М., Топунов М. В. Дифференциальные уравнения и уравнения с частными производными. - М.: ВЛАДОС, 2011. – 376 с. (10 экз.)

7.4. Периодические издания

1. Вестник МГУ Серия 1. Математика. Механика.
2. Дифференциальные уравнения

3. Доклады РАН
4. Журнал вычислительной математики и математической физики
5. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки
6. Успехи математических наук

7.5. Интернет-ресурсы

При изучении дисциплины «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» 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:*

№п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	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	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ»	Полный доступ
2.	База данных Science Index (РИНЦ)	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6	http://elibrary.ru	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2022 от 19.07.2022	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях

		миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.		г. Активен до 31.07.2023г.	ученых КБГУ, имеющих 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.	http://www.studmedlib.ru http://www.medcollege.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва)	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)»	http://www.studmedlib.ru	ООО «Политехресурс» (г. Москва)	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	https://e.lanbook.com/	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург)	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

		знаний.			
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	https://нэб.рф	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/1666-п 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 аудиоизданий.	http://iprbookshop.ru/	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) Договор №9200/22П от 08.04.2022 г. Активен до 02.04.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
8.	ЭБС «Юрайт» для СПО	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	https://www.biblio-online.ru/	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва)	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	http://polpred.com	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
10.	Президентс	Более 500 000	http://www.prlib.ru	ФГБУ	Авторизован

	кая библиотека им. Б.Н. Ельцина	электронных документов по истории Отечества, русской государственн ости, русскому языку и праву		«Президентс кая библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт- Петербург) Соглашение от 15.11.2016г. бессрочный	ный 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 «Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных» для обучающихся

В связи с этим, основными целями дисциплины являются:

- ознакомить студентов с современными аналитическими методами решения дифференциальных уравнений;
- выработать у студентов навыки применения различных методов к исследованию нелинейных уравнений и задач для них;
- развить способности к практическому применению полученных навыков.

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 семинарского 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.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия. По дисциплине «Введение в элементарную математику» имеются презентации по отдельным темам курса, позволяющие наиболее эффективно освоить представленный учебный материал.

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 (KL4863RAVFQ);

- 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, прочитать и оформить 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 рабочей программе дисциплины

«Структурные свойства решений дифференциальных уравнений в частных производных»
по программе специалитета 01.05.01 Фундаментальная математика и механика, профиль
«Фундаментальная математика»
на _____ учебный год

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

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры алгебры и дифференциальных уравнений

протокол № _____ от «_____» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ /М.С. Нирова/
подпись, расшифровка подписи, дата

Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№п/п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1	Посещение занятий	до 10 баллов	до 3 б.	до 3 б.	до 4 б.
2	Текущий контроль:	до 24 баллов	до 8 б.	до 8б.	до 8 б.
	Ответ на 4 вопроса	от 0 до 12 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.
	Полный правильный ответ	до 12 баллов	4 б.	4 б.	4 б.
	Неполный правильный ответ	от 3 до 12 б.	от 1 до 4 б.	от 1 до 4 б.	от 1 до 4 б.
	Ответ, содержащий неточности, ошибки	0б.	0б.	0б.	0б.
	Выполнение самостоятельных заданий (решение задач)	от 0 до 12 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.
3	Рубежный контроль	до 36 баллов	до 12 б.	до 12 б.	до 12 б.
	тестирование	от 0- до 15 б.	от 0- до 5 б.	от 0- до 5 б.	от 0- до 5 б.
	контрольная работа	от 0 до 21 б.	от 0 до 7 б.	от 0 до 7 б.	от 0 до 7 б.
4	Курсовая работа	до 70 баллов	до 23б.	до 23 б.	до 24 б.
	Итого сумма текущего и рубежного контроля	до 70 баллов	до 23б.	до 23 б.	до 24 б.
	Первый этап (базовый уровень) – оценка «удовлетворительно»	не менее 36 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.
	Второй этап (продвинутый уровень) – оценка «хорошо»	менее 70 б. (51-69 б.)	менее 23 б.	менее 23 б.	менее 24б.
	Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»	не менее 70 б.	не менее 23 б.	не менее 23 б.	не менее 24б.

**Шкала оценивания планируемых результатов обучения
Текущий и рубежный контроль**

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

Промежуточная аттестация (экзамен)

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
7	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене 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 дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на все вопросы. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.