

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Циберкин Кирилл Борисович**
Алабужев Алексей Анатольевич
Демин Виталий Анатольевич

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
Код УМК 73320

Утверждено
Протокол №6
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Методы математической физики

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Методы математической физики** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике

ПК.1 способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Методы математической физики. Первый семестр

В данном курсе рассматриваются задачи классификации квазилинейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка, неизвестная функция которых зависит от двух или более переменных, приведению их к каноническому виду, построению общих решений и решению задачи Коши методом характеристик. Широко освящен метод Фурье для решения начально-краевых задач, являющихся математическими моделями физических явлений (колебания упругих тел и теплопроводности).

Раздел 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными

Общие понятия. Типы уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных. Инвариантность типа уравнения при невырожденных преобразованиях. Уравнение характеристик. Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка при двух аргументах гиперболического, параболического и эллиптического типов. Нахождение общего решения и решение задачи Коши методом характеристик.

Тема 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными.

Общие понятия. Типы уравнений второго порядка, линейных относительно старших производных. Инвариантность типа уравнения при невырожденных преобразованиях. Уравнение характеристик. Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка при двух аргументах гиперболического, параболического и эллиптического типов. Нахождение общего решения и решение задачи Коши методом характеристик.

Раздел 2. Уравнения гиперболического типа

Постановка задач для уравнений гиперболического типа. Понятие о корректной постановке задачи математической физики. Примеры некорректно поставленных задач. Решение задачи Коши для однородного уравнения гиперболического типа. Решение Даламбера. Формула Даламбера. Теорема об устойчивости решения задачи Коши для бесконечной струны. Физический смысл формулы Даламбера.

Тема 1. Задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Краевые задачи.

Вывод уравнения колебания струны. Уравнение продольных колебаний стержня. Начальные условия для уравнения колебания струны и телеграфного уравнения. Граничные условия для уравнения колебаний струны и стержня (типы закреплений: жесткое, свободное или мягкое, упругое, вывод условий закрепления в аналитическом виде).

Тема 2. Метод распространяющихся волн.

Решение задачи Коши для однородного уравнения гиперболического типа. Решение Даламбера. Формула Даламбера. Теорема об устойчивости решения задачи Коши для бесконечной струны. Физический смысл формулы Даламбера.

Тема 3. Метод разделения переменных.

Задача Штурма – Лиувилля. Краевые условия Штурма. Собственные функции и собственные значения, их основные свойства. Общая схема Фурье. Задача о колебании струны, закрепленной на концах. Исследование решения. Частные гармоники. Регулярные и обобщенные решения. Теорема о единственности решения краевой задачи для уравнения гиперболического типа. Теорема об устойчивости решения. Неоднородные задачи для уравнения гиперболического типа. Метод собственных функций. Неоднородное уравнение гиперболического типа с неоднородными начальными и граничными условиями.

Раздел 3. Уравнения параболического типа

Этот раздел посвящен рассмотрению начально-краевых задач для уравнений, описывающих процессы распространения тепла в изотропных телах, а также диффузию растворенного вещества в неподвижный растворитель. Выводятся соответствующие уравнения. Ставятся наиболее естественные краевые требования. Изучаются свойства полученных решений. Приводятся примеры задач, решаемых интегральными преобразованиями (преобразование Фурье, синус - преобразование и косинус - преобразование).

Тема 1. Задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Краевые задачи.

Уравнения параболического типа. Вывод уравнения распространения тепла в твердом изотропном теле. Начальные и граничные условия для уравнения теплопроводности. Уравнение диффузии. Постановка задач для уравнения параболического типа. Принцип максимума-минимума для решения уравнения теплопроводности. Первое следствие из принципа о единственности 1-ой краевой задачи. Второе следствие о непрерывной зависимости решения от начальных условий.

Тема 2. Метод разделения переменных.

Решение первой краевой задачи для уравнения теплопроводности стержня методом Фурье. Решение задачи для уравнения распределения тепла в стержне с внутренними источниками тепла.

Тема 3 Задачи на бесконечной прямой.

Задача Коши для уравнения теплопроводности бесконечного стержня. Теорема о единственности решение. Понятие об интегральном преобразовании Фурье. Основные свойства преобразования. Построение формального решения задачи Коши для уравнения теплопроводности.

Раздел 4. Уравнения эллиптического типа

В этом разделе изучаются основные краевые задачи для уравнений эллиптического типа. В основном рассматриваются уравнения Лапласа и Пуассона. Строится теория фундаментальных решений уравнения Лапласа и функции Грина задачи Дирихле. Изучаются свойства гармонических функций, приводятся решения задачи Дирихле для шара методом функции Грина и для круговых областей методом конформных отображений и методом Фурье. Особое место занимает теория потенциала, как специальных интегральных представлений гармонически функций. Основные краевые задачи для гармонических функций в плоских областях сводятся к линейным интегральным уравнениям 2-го рода и изучаются с применением теории Фредгольма. В заключении приводятся основные свойства решений уравнения Гельмгольца.

Тема 1. Задачи, приводящие к уравнению Лапласа.

Уравнения эллиптического типа. Задачи, приводящие к уравнениям эллиптического типа. Постановка основных краевых задач для уравнения Лапласа. Фундаментальное решение уравнения Лапласа.

Тема 2. Свойства гармонических функций.

Определение гармонических функций. Основные примеры. Свойства гармонических функций: 1) о нормальной производной, 2) интегральное представление гармонической функции, 3) дифференцируемость, 4) теорема о среднем, 5) принцип максимума-минимума гармонической функции.

Тема 3. Метод разделения переменных.

Решение задачи Дирихле для круга методом Фурье. Обоснование формального решения. Формула Пуассона для задачи Дирихле для круга.

Тема 4. Функция источника.

Теоремы о единственности решений внутренней и внешней задач Дирихле. Теоремы о единственности решений внутренней и внешней задач Неймана. Функция Грина задачи Дирихле и ее свойства.

Отыскание функции Грина задачи Дирихле методом электростатических изображений. Решение задачи Дирихле для полупространства. Решение задачи Дирихле для шара. Построение функции Грина методом конформных отображений. Решение задачи Дирихле для круга и полуплоскости с помощью конформных отображений.

Тема 5. Задачи, приводящие к уравнению $\Delta v + cv = 0$.

Уравнение Гельмгольца. Задачи, сводящиеся к уравнению Гельмгольца. Краевые задачи. Фундаментальные решения и теория потенциала для уравнения $\Delta v + cv = 0$. Исследование уравнения $\Delta v + cv = 0$. Объемные потенциалы и их применение.

Раздел 5. Распространение волн в пространстве

Распространение волн в пространстве.

Тема 1. Задачи с начальными условиями.

Уравнение колебаний в пространстве. Метод усреднения. Формула Пуассона. Метод спуска. Физическая интерпретация. Метод отражения.

Тема 2. Интегральная формула.

Вывод интегральной формулы. Следствия из интегральной формулы.

Тема 3. Колебания ограниченных объемов.

Общая схема метода разделения переменных. Стоячие волны. Колебания прямоугольной мембраны. Колебания круглой мембраны.

Раздел 6. Распространение тепла в пространстве

Распространение тепла в пространстве.

Тема 1. Распространение тепла в неограниченном пространстве.

Обоснование формального решения задачи Коши для уравнения теплопроводности. Следствия из формулы Пуассона (о бесконечной дифференцируемости решения, о непрерывной зависимости от начального условия, о скорости распространения тепла). Фундаментальное решение задачи Коши и его физический смысл. Неоднородные задачи для уравнения параболического типа. Синус-преобразование Фурье. Косинус-преобразование Фурье. Решение задачи Коши для полубесконечного стержня.

Тема 2. Распространение тепла в ограниченных телах.

Решение первой краевой задачи для уравнения теплопроводности пластины методом Фурье. Решение задачи для уравнения распределения тепла в цилиндре.

Раздел 7. Специальные функции

Функции Бесселя. Сферические функции. Ортогональные полиномы.

Тема 1. Введение.

Введение. Общее уравнение теории специальных функций. Поведение решений в окрестности. Постановка краевых задач.

Тема 2. Цилиндрические функции. Колебания круглой мембраны.

Дифференциальное уравнение Бесселя. Функции Бесселя и Неймана. Основные свойства функций. Общее решение однородного уравнения Бесселя. Интегрирование функций Бесселя, рекуррентные формулы. Некоторые частные случаи функций Бесселя. Ортогональные системы функций Бесселя. Разложения функций в обобщенный ряд Фурье по ортогональной системе функций Бесселя. Радиальные колебания круглой мембраны. Физический смысл.

Тема 3. Сферические функции. Полиномы Лежандра.

Полиномы Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Гармонические полиномы и сферические функции. Некоторые примеры применения сферических функций.

Тема 4. Основы теории линейных пространств.

Основы теории линейных векторных пространств. Определение и свойства. Базис и размерность. Преобразования координат. Линейные операторы. Собственные значения и собственные векторы линейных операторов. Приложения к задачам классической физики и квантовой механики.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Кудряшов, С. Н. Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики» : учебное пособие / С. Н. Кудряшов, Т. Н. Радченко. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2011. — 308 с. — ISBN 978-5-9275-0879-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/47050.html>
2. Гриняев Ю. В. Методы математической физики: Учебное пособие/Гриняев Ю. В..-Томск:Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,2012, ISBN 978-5-4332-0055-5.-148. <http://www.iprbookshop.ru/13862>

Дополнительная:

1. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики: учебное пособие для университетов/А. Н. Тихонов, А. А. Самарский.-Москва:Наука,1966.-724.
2. Алабужев А. А. Методы математической физики. учебно-методическое пособие Ч. 1. Специальные функции. Цилиндрические функции/А. А. Алабужев, Т. С. Белозерова, В. К. Хеннер ; Федеральное агентство по образованию, Пермский государственный университет.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0787-5.-127.-Библиогр.: с. 112
3. Алабужев А. А. Методы математической физики. Уравнения эллиптического типа. учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Физика", "Прикладная математика и физика", "Нанотехнологии и микросистемная техника", "Радиофизика" и по направлению подготовки магистров "Физика" Ч. 2. Криволинейная система координат/А. А. Алабужев, Т. С. Белозерова, Е. К. Хеннер ; М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2016, ISBN 978-5-7944-2695-3.-1.-Библиогр.: с. 92-93 <https://elis.psu.ru/node/390989>
4. Ощепков А. Ю. Теория солитонов. Математическое описание и физические приложения: учебно-методическое пособие/А. Ю. Ощепков.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0941-X.-100.-Библиогр.: с. 99
5. Алабужев А. А. Методы математической физики. Уравнения эллиптического типа. учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Физика", "Прикладная математика и физика", "Нанотехнологии и микросистемная техника", "Радиофизика" и по направлению подготовки магистров "Физика" Ч. 1. Прямоугольная система координат/А. А. Алабужев, Т. С. Белозерова, Е. К. Хеннер ; М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь,2016, ISBN 978-5-7944-2694-6.-1.-Библиогр.: с. 100-101 <https://elis.psu.ru/node/390886>
6. Павленко, А. Н. Уравнения математической физики : учебное пособие / А. Н. Павленко, О. А. Пихтилькова. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 100 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/30134.html> (дата обращения: 12.02.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей <http://www.iprbookshop.ru/30134.html>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<http://elis.psu.ru> Электронная мультимедийная библиотека ELiS

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Методы математической физики** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».
- Хеннер В.К., Белозерова Т.С., Хеннер М.В. Пакет демонстрационных программ по решению задач математической физики к изданию Henner V., Belozerova T., Khenner M. Ordinary and partial differential equations/Victor Henner, Tatyana Belozerova, Mikhail Khenner.- Boca Raton: CRC Press, 2013, ISBN 9781466515000.-629.-Includes bibliographical references and index. - на электронно-оптическом диске.

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.
Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Методы математической физики**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p>	<p>Знать базовые методы решения одномерных гиперболических и параболических уравнений второго порядка, метод Даламбера, метода разделения переменных и метод функций источника. Уметь составлять уравнения для описания физических явлений, решать одномерные гиперболические и параболические уравнения при различных граничных условиях, наличии внешних источников. Владеть навыками построения общих и частных решений задач математической физики.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает базовые методы решения одномерных гиперболических и параболических уравнений второго порядка, метод Даламбера, метода разделения переменных и метод функций источника. Не умеет составлять уравнения для описания физических явлений, решать одномерные гиперболические и параболические уравнения при различных граничных условиях, наличии внешних источников. Не владеет навыками построения общих и частных решений задач математической физики.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания методов решения одномерных гиперболических и параболических уравнений второго порядка, метода Даламбера, метода разделения переменных и метода функций источника. Демонстрирует частично сформированное умение производить расчёты, давать интерпретацию результатов. Имеет представление о навыках построения общих и частных решений задач математической физики.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов решения одномерных гиперболических и параболических уравнений второго порядка, метода Даламбера, метода разделения переменных и метода функций источника. В</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить расчёты, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. Владеет основным понятийным аппаратом методов математической физики, навыками построения общих и частных решений задач математической физики, но с отдельными пробелами.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания методов решения одномерных гиперболических и параболических уравнений второго порядка, метода Даламбера, метода разделения переменных и метода функций источника. Сформированное умение производить расчёты составлять уравнения для описания физических явлений, решать одномерные гиперболические и параболические уравнения при различных граничных условиях, наличии внешних источников. Успешное и систематическое применение навыков построения общих и частных решений задач математической физики.</p>

ПК.1

способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1 способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p>	<p>Знать: методы решения и анализа задач математической физики с использованием стандартных методов и специальных функций. Уметь: формулировать математические модели для описания физических явлений, решать уравнения в частных производных при различных граничных условиях, наличии внешних источников.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает методы решения и анализа задач математической физики с использованием стандартных методов и специальных функций. Не умеет формулировать математические модели для описания физических явлений, решать уравнения в частных производных при различных граничных условиях, наличии внешних источников. Не владеет навыками формулировки математических моделей, построения общих и частных решений задач</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>Владеть: навыками формулировки математических моделей, построения общих и частных решений задач математической физики, оперирования специальными функциями, базовыми понятиями теории линейных пространств.</p>	<p>Неудовлетворител математической физики, оперирования специальными функциями.</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания методов решения и анализа задач математической физики с использованием стандартных методов и специальных функций. Демонстрирует частично сформированное умение производить расчёты, давать интерпретацию результатов. Имеет представление о принципах и приемах формулировки математических моделей, построения общих и частных решений задач математической физики, оперирования специальными функциями.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов решения и анализа задач математической физики с использованием стандартных методов и специальных функций. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить расчёты, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. Владеет основным понятийным аппаратом методов математической физики и теории специальных функций, но с отдельными пробелами.</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания методов решения и анализа задач математической физики с использованием стандартных методов и специальных функций. Сформированное умение производить расчёты, формулировать математические модели для описания физических явлений, решать уравнения в частных производных при различных граничных условиях, наличии внешних источников. Успешное и систематическое применение навыков формулировки математических моделей, построения общих</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично и частных решений задач математической физики, оперирования специальными функциями.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Тема 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными. Входное тестирование	Владение приемами решения обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем, навыки разложения функций в ряды Фурье
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Тема 3 Задачи на бесконечной прямой. Письменное контрольное мероприятие	знание метода бегущих волн, метода разделения переменных, метода функций источника; умение и владение навыками построения моделей и решений одномерных уравнений, нахождения функций источника.
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Тема 3. Сферические функции. Полиномы Лежандра. Письменное контрольное мероприятие	знание приемов решения многомерных уравнений математической физики, умение и владение навыками построения решений многомерных задач, работы со специальными функциями,

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1 способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p> <p>ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p>	<p>Тема 4. Основы теории линейных пространств.</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знание общих методов решения и анализа задач математической физики, исследования специальных функций, умение формулировать математические модели, владение навыками построения моделей и их исследования, оперирования специальными функциями.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 1. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Умение находить решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами	3
Разложение функции, заданной на произвольном интервале, в ряд Фурье	3
Умение находить решение задачи Коши для системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами	2
Умение находить решение задачи Коши для линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами	2

Тема 3 Задачи на бесконечной прямой.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знание метода разделения переменных, умение находить пространственные собственные функции задачи для различных граничных условий, владение навыками построения частных решений в виде рядов Фурье	9
Знание метода функции источника, умение строить функцию источника краевой задачи, владение навыками построения решения через функции источника	8
Знание метода бегущих волн, умение графически и аналитически строить решения с различными	6

начальными и граничными условиями	
Умение формулировать математические модели физических задач о волновых процессах, тепломассопереносе и др. в терминах уравнений в частных производных	4
Умение проводить автомодельные преобразования задач и находить автомодельные решения волновых и параболических уравнений	3

Тема 3. Сферические функции. Полиномы Лежандра.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знание методов решения эллиптических уравнений, свойств гармонических функций. Знание метода разделения переменных, владение навыками построения решений задач с эллиптическими уравнениями. Знание уравнения Гельмгольца, умение решать краевые задачи и задачи на собственные значения для стационарных физических процессов.	8
Умение применять метод функции источника для построения решения эллиптических уравнений, владение навыками построения функций источника	8
Умение решать задачи о распространении тепла и волн в неограниченном пространстве и ограниченных телах.	7
Знание специальных функций, умение применять специальные функции к построению решений краевых задач, стационарных и нестационарных многомерных уравнений.	7

Тема 4. Основы теории линейных пространств.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Владение методами решения задач математической физики, умение применять метод разделения переменных для решения однородных и неоднородных уравнений	10
Умение решать одномерные и многомерные краевые задачи в различной геометрии	10
Владеть навыками построения математических моделей физических процессов в терминах уравнений в частных производных.	10
Знать и уметь применять специальные функции для решения задач математической физики, владеть навыками построения решений в форме обобщённых рядов Фурье	10