



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Математики

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

«29» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Уравнения математической физики

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

- углубление математических знаний с расширением их в области дифференциальных уравнений в частных производных
- формирование навыков построения математических моделей (вывод соответствующих уравнений), постановки краевых и начальных условий
- наработка практических умений выбора подходящего метода решения задач математической физики, анализа полученных решений и исследование их свойств
- знакомство студентов с начальными навыками математического моделирования
- формирование у обучающихся навыков в решении и исследовании основных типов дифференциальных уравнений в частных производных
- овладение возможностями использования аппарата математической физики

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП |
|---|---|--|
| ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | ОПК-1.1 знает основные понятия и методы фундаментальных математических дисциплин | знает основные понятия и теоремы теории дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка; методы решения дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка. умеет решать поставленную задачу математической физики владеет навыками навыками моделирования практических задач дифференциальными уравнениями; навыками интегрирования простейших дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными; навыками применения качественного анализа решений. |
| ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | ОПК-1.3 умеет осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний | знает основные методы решения линейных и нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных умеет осуществлять концептуальный анализ при решении прикладных задач владеет навыками методами исследования математической физики и составление модели на языке теории дифференциальных уравнений в частных производных |

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.23 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

| № п/п | Предшествующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|--|--|
| 1 | Дифференциальные уравнения | ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 2 | Математический анализ | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 3 | Линейная алгебра и аналитическая геометрия | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 4 | Основы кибернетики и теория графов | ОПК-1.1 |

Знать
основы обыкновенных дифференциальных уравнений
основы математического анализ
основы линейной алгебры
основы аналитической геометрии
Уметь
решать дифференциальные уравнения первого и второго порядка
вычислять коэффициенты ряда Фурье
находить собственные числа матрицы
строить поверхности в пространстве
Владеть
основами гармонического анализа
методами исследования функций нескольких переменных

| № п/п | Последующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|---|--|
| 1 | Интеллектуальные системы и нейронные сети | ОПК-3.1, ОПК-3.3 |
| 2 | Теория случайных процессов и основы теории массового обслуживания | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 |
| 3 | Временные ряды финансовой математики | ПКС-4.2, ПКС-4.3 |

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

| Вид учебной работы | Всего часов | Из них часы на практическую подготовку | Семестр |
|---|-------------|--|---------|
| | | | 4 |
| Контактная работа | 48 | | 48 |
| Лекционные занятия (Лек) | 16 | 0 | 16 |
| Практические занятия (Пр) | 32 | 0 | 32 |
| Иная контактная работа, в том числе: | 0,25 | | 0,25 |
| консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР) | | | |
| контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР)) | | | |
| контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача | 0,25 | | 0,25 |
| Часы на контроль | 8,75 | | 8,75 |
| Самостоятельная работа (СР) | 51 | | 51 |
| Общая трудоемкость дисциплины (модуля) | | | |
| часы: | 108 | | 108 |
| зачетные единицы: | 3 | | 3 |

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

| № | Разделы дисциплины | Семестр | Контактная работа (по учебным занятиям), час. | | | | | | СР | Всего, час. | Код индикатора достижения компетенции |
|------|---|---------|---|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|----|-------------|---------------------------------------|
| | | | лекции | | ПЗ | | ЛР | | | | |
| | | | всего | из них на практическую подготовку | всего | из них на практическую подготовку | всего | из них на практическую подготовку | | | |
| 1. | 1 раздел. Нелинейные и квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных первого порядка | | | | | | | | | | |
| 1.1. | Виды дифференциальный уравнений в частных производных | 4 | 2 | | 8 | | | | 20 | 30 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 2. | 2 раздел. Линейные уравнения в частных производных второго порядка | | | | | | | | | | |
| 2.1. | Линейные уравнения второго порядка случае двух независимых переменных. | 4 | 2 | | | | | | | 2 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 2.2. | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка | 4 | | | 9 | | | | 14 | 23 | ОПК-1.3 |
| 2.3. | Линейные уравнения второго порядка в случае функции многих переменных | 4 | 4 | | | | | | | 4 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 3. | 3 раздел. Уравнения гиперболического, параболического и эллиптического типов | | | | | | | | | | |
| 3.1. | Уравнения гиперболического типа | 4 | 4 | | 3 | | | | 8 | 15 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 3.2. | Уравнения параболического типа | 4 | | | 8 | | | | 6 | 14 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 3.3. | Уравнения эллиптического типа | 4 | 4 | | 4 | | | | 3 | 11 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 4. | 4 раздел. Иная контактная работа | | | | | | | | | | |
| 4.1. | иная контактная работа | 4 | | | | | | | | 0,25 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |
| 5. | 5 раздел. Контроль | | | | | | | | | | |
| 5.1. | Контроль знаний | 4 | | | | | | | | 8,75 | ОПК-1.1, ОПК-1.3 |

5.1. Лекции

| № п/п | Наименование раздела и темы лекций | Наименование и краткое содержание лекций |
|-------|--|--|
| 1 | Виды дифференциальный уравнений в частных производных | Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных функции двух переменных. Задача Коши Задача Коши для квазилинейного уравнения первого порядка. Характеристики |
| 2 | Линейные уравнения второго порядка случае двух независимых переменных. | Классификация уравнений. Канонический вид линейного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка (случай функции двух переменных) Канонический вид линейного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка для функции двух переменных |
| 4 | Линейные уравнения второго порядка в случае функции многих переменных | Линейные уравнения второго порядка в случае функции многих переменных. Классификация уравнений. Приведение к каноническому виду Приведение к каноническому виду через нахождение собственных чисел и собственных векторов |
| 5 | Уравнения гиперболического типа | Уравнения гиперболического типа. Вывод уравнения поперечного колебания струны Метод Фурье для уравнения колебания струны. Построение общего решения. Определение коэффициентов |
| 7 | Уравнения эллиптического типа | Оператор Лапласа. Постановка краевых задач для оператора Лапласа. Краевые задачи для оператора Лапласа |

5.2. Практические занятия

| № п/п | Наименование раздела и темы практических занятий | Наименование и содержание практических занятий |
|-------|---|--|
| 1 | Виды дифференциальный уравнений в частных производных | Частные производные. Обыкновенные дифференциальные уравнения Простейшие виды дифференциальный уравнений в частных производных |
| 1 | Виды дифференциальный уравнений в частных производных | Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных функции многих переменных. Уравнение характеристик. Свойства характеристик в случае линейного ДУПЧ первого порядка |
| 3 | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка | Приведение к каноническому виду уравнения гиперболического типа Уравнение гиперболического типа. Приведения к каноническому виду |
| 3 | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка | Приведение к каноническому виду уравнения параболического типа Уравнения параболического типа. Приведение к каноническому виду |
| 3 | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка | Приведение к каноническому виду уравнения эллиптического типа Уравнения эллиптического типа. Приведение к каноническому виду |
| 5 | Уравнения гиперболического | Формула Даламбера для волнового уравнения в случае бесконечной струны. |

| | | |
|---|--------------------------------|---|
| | типа | Бесконечная струна. Краевая задача для волнового уравнения. Корректность задачи. Теорема об устойчивости решения первой краевой задачи для уравнения колебания струны |
| 6 | Уравнения параболического типа | Уравнение теплопроводности. Постановка задачи. Метод Фурье построения решения первой краевой задачи для уравнения теплопроводности |
| 6 | Уравнения параболического типа | Оператор Гамильтона. Элементы теории поля. Интеграл Пуассона Градиент, дивергенция, ротор |
| 7 | Уравнения эллиптического типа | Задача Дирихле для оператора Лапласа в прямоугольнике Решение задачи Дирихле для оператора Лапласа |
| 7 | Уравнения эллиптического типа | Переход к криволинейным координатам. Оператор Лапласа в криволинейных координатах. Криволинейные координаты. Запись оператора Гамильтона в криволинейных координатах |

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

| № п/п | Наименование раздела дисциплины и темы | Содержание самостоятельной работы |
|-------|---|---|
| 1 | Виды дифференциальный уравнений в частных производных | Вычисление частных производных Частные производные. Вычисление по определению и по формулам |
| 1 | Виды дифференциальный уравнений в частных производных | Решение квазилинейных уравнений первого порядка Отыскание решения квазилинейного уравнения первого порядка |
| 3 | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка Классификация уравнений. Нахождение канонического вида |
| 5 | Уравнения гиперболического типа | Решение первой краевой задачи для волнового уравнения Построение решения при помощи рядов Фурье |
| 6 | Уравнения параболического типа | Решение первой краевой задачи для уравнения теплопроводности Построение решения первой краевой задачи |
| 7 | Уравнения эллиптического типа | Вычисления коэффициентов Ламе в сферической и цилиндрической системах координат |

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка докладов и сообщений;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету с оценкой.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях в рамках выполнения практических заданий, решения тестов.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является зачет с оценкой, проводится по расписанию сессии. Форма проведения – устная. Студенты, не сдавшие зачет с оценкой, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

| № п/п | Контролируемые разделы дисциплины (модуля) | Код и наименование индикатора контролируемой компетенции | Вид оценочного средства |
|-------|--|--|-----------------------------|
| 1 | Виды дифференциальных уравнений в частных производных | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос, решение задач |
| 2 | Линейные уравнения второго порядка в случае двух независимых переменных. | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос, решение задач |
| 3 | Приведение к каноническому виду уравнений второго порядка | ОПК-1.3 | решение задач |
| 4 | Линейные уравнения второго порядка в случае функции многих переменных | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос |
| 5 | Уравнения гиперболического типа | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос |
| 6 | Уравнения параболического типа | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос |
| 7 | Уравнения эллиптического типа | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос |

| | | | |
|---|------------------------|------------------|--------------|
| 8 | иная контактная работа | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | устный опрос |
| 9 | Контроль знаний | ОПК-1.1, ОПК-1.3 | |

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.1

Контрольная работа №1.

1. Найти общее решение уравнения в частных производных
2. Определить тип уравнения. Привести к каноническому виду и найти общее решение
3. Найти общее решение уравнения. Приведя к каноническому виду

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.3

Контрольная работа №2.

1. Решить задачу Дирихле для уравнения Лапласа в круге
2. Решить первую смешанную задачу для волнового уравнения на отрезке

Примеры приведены в приложении

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

| | |
|-------------------------------|---|
| Оценка «отлично» (зачтено) | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий |
|-------------------------------|---|

| | |
|--|--|
| <p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p> | <p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p> |
| <p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p> | <p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p> |
| <p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p> | <p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p> |

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Частные производные. Определение. Правила дифференцирования сложных функций
2. Дифференциальные уравнения в частных производных. Основные определения: решение уравнения, линейное, квазилинейное уравнение
3. Простейшие виды дифференциальных уравнений в частных производных
4. Квазилинейные уравнения функции двух переменных. Уравнения характеристик
5. Задача Коши для квазилинейного уравнения в случае функции двух переменных
6. Линейные дифференциальные уравнения в частных производных первого порядка. Алгоритм решения
7. Свойства характеристик в случае линейного дифференциального уравнения в частных производных первого порядка
8. Квадратичная форма. Виды квадратичных форм
9. Линейные дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка в случае двух независимых переменных. Классификация уравнений
10. Канонический вид линейного дифференциального уравнения в частных производных второго порядка (случай функции двух переменных)
11. Приведение к каноническому виду уравнения гиперболического типа (случай функции двух переменных)
12. Приведение к каноническому виду уравнения параболического типа (случай функции двух переменных)
13. Приведение к каноническому виду уравнения эллиптического типа (случай функции двух переменных)
14. Вывод характеристического уравнения в общем случае линейного дифференциального уравнения в частных производных для функции двух переменных
15. Вывод формул для частных производных при переходе к новым координатам
16. Линейные дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка в случае функции многих переменных. Классификация уравнений
17. Уравнения гиперболического типа. Вывод уравнения поперечного колебания струны
18. Первая краевая задача для волнового уравнения (поперечные колебания струны). Теорема существования и единственности
19. Метод Фурье для уравнения колебания струны. Построение общего решения
20. Метод Фурье для уравнения колебания струны. Определение коэффициентов
21. Формула Даламбера для волнового уравнения (случай бесконечной струны)
22. Корректность задачи. Теорема об устойчивости решения первой краевой задачи для уравнения колебания струны
23. Уравнения параболического типа. Уравнение теплопроводности
24. Оператор Гамильтона. Градиент, дивергенция, ротор
25. Метод Фурье для уравнения теплопроводности
26. Формула Пуассона для уравнения теплопроводности
27. Уравнения эллиптического типа. Оператор Лапласа. Постановка краевых задач
28. Задача Дирихле для уравнения Лапласа в прямоугольнике
29. Оператор Лапласа в криволинейных координатах
30. Коэффициенты Ламе в сферических и цилиндрических координатах
31. Задача Дирихле для оператора Лапласа в круге

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Вычисление частных производных.
2. Решение простейших дифференциальных уравнений в частных производных функции двух переменных
3. Определение типа квадратичной формы
4. Определение типа линейного дифференциального уравнения в частных производных

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и

промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой

В билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Зачет с оценкой проводится в устной форме. Для подготовки по билету отводится 40 мин.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

| Критерии оценивания | Уровень освоения и оценка | | | |
|---------------------|--|--|--|--|
| | Оценка «неудовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» | Оценка «хорошо» | Оценка «отлично» |
| | «не зачтено» | «зачтено» | | |
| | Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы | Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка. | Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка. | Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка |

| | | | | |
|--------|---|--|--|--|
| знания | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора. |
| умения | <p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> | <p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> |

| | | | | |
|-------------------|---|--|--|---|
| владение навыками | Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий. | Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий. | Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений. | Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач. |
|-------------------|---|--|--|---|

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы | Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС |
|-----------------------------------|--|---|
| <u>Основная литература</u> | | |
| 1 | Дзержинский Р. И., Логинов В. А., Уравнения математической физики, Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2015 | ЭБС |
| 2 | Щербакова Ю. В., Миханьков М. А., Уравнения математической физики, Саратов: Научная книга, 2019 | ЭБС |
| 3 | Бабич В. М., Капилевич М. Б., Михлин С. Г., Натансон Г. И., Риз П. М., Слободецкий Л. Н., Смирнов М. М., Михлин С. Г., Линейные уравнения математической физики, М.: Наука, 1964 | ЭБС |
| 4 | Пичугин Б. Ю., Пичугина А. Н., Уравнения математической физики, Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2016 | http://www.iprbookshop.ru/59669.html |
| 5 | Годунов С. К., Уравнения математической физики, М.: Наука, 1971 | ЭБС |

| | | |
|---|--|---|
| 6 | Дзержинский Р. И., Логинов В. А., Уравнения математической физики, Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2015 | http://www.iprbookshop.ru/46875.html |
| 7 | Костецкая Г. С., Радченко Т. Н., Уравнения математической физики эллиптического и параболического типов, Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017 | ЭБС |
| 8 | Самарский А. А., Курдюмов С. П., Мажукин В. И., Математическое моделирование. Нелинейные дифференциальные уравнения математической физики, М.: Наука, 1987 | ЭБС |
| 9 | Павленко А. Н., Пихтилькова О. А., Уравнения математической физики, Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013 | ЭБС |
| 10 | Карчевский М. М., Павлова М. Ф., Уравнения математической физики. Дополнительные главы, Б. м.: Лань, 2016 | ЭБС |
| 11 | Левин В. И., Гросберг Ю. И., Дифференциальные уравнения математической физики, М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1951 | ЭБС |
| <u>Дополнительная литература</u> | | |
| 1 | Баданина Л. А., Сванидзе Н. В., Трескунов А. Л., Якунина Г. В., Дополнительные главы математического анализа. Уравнения математической физики, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017 | ЭБС |
| 2 | Сабитов К. Б., Уравнения математической физики, М.: Высш. шк., 2003 | ЭБС |
| 3 | Кудряшов С. Н., Радченко Т. Н., Основные методы решения практических задач в курсе «Уравнения математической физики», Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2011 | http://www.iprbookshop.ru/47050.html |
| 4 | Баданина Л. А., Сванидзе Н. В., Трескунов А. Л., Якунина Г. В., Дополнительные главы математического анализа. Уравнения математической физики, СПб., 2017 | ЭБС |
| <u>Дополнительная литература</u> | | |
| 1 | Алашеева Е. А., Уравнения математической физики, Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016 | http://www.iprbookshop.ru/71896.html |
| 2 | Кошляков Н. С., Основные дифференциальные уравнения математической физики, Л. ; М.: Гос. техн.-теорет. изд-во, 1932 | ЭБС |
| 3 | Кошляков Н. С., Основные дифференциальные уравнения математической физики, Л. ; М.: ОНТИ. Гл. ред. общетехн. лит., 1936 | ЭБС |

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

| Наименование ресурса сети «Интернет» | Электронный адрес ресурса |
|---|---|
| Курс Moodle "Уравнения математической физики для ПМИ" | https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=769 |

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| Наименование | Электронный адрес ресурса |
|--|--|
| Архив препринтов по физике, математике, компьютерным наукам, статистике, биологии, финансам. | www.arxiv.org |

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| Наименование | Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое) |
|--------------------------|---|
| Microsoft Windows 10 Pro | Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016. |
| Microsoft Office 2016 | Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016. |

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения |
|--|--|
| 07. Помещения для самостоятельной работы | Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016 |
| 07. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет |
| 07. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет |

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.