

Северский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Высшей математики и информационных технологий»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от 28.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

14.04.02 Ядерные физика и технологии

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Ядерные энерготехнологии нового поколения

Форма обучения: очная

| Семестр | Трудоемкость, ЗЕ | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практические занятия, час. | Лабораторные работы, час. | В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час. | СРС, час. | Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП) |
|---------|------------------|-------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|---|-----------|--|
| 1 | 4 | 144 | 32 | 32 | 0 | 36 | 80 | Экз. |
| Итого | 4 | 144 | 32 | 32 | 0 | 36 | 80 | |

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Уравнения математической физики» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», образовательной программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) **знать:**

З.1 классические математические модели, описывающие физические процессы теплопроводности, диффузии и волновые процессы, методы решения интегральных уравнений, линейные, нелинейные обыкновенные дифференциальные уравнения, краевых задач и задач Дирихле, Неймана, Коши для уравнений в частных производных;

2) **уметь:**

У.1 выбирать наиболее подходящий метод решения интегральных уравнений, линейных, нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, краевых задач и задач Дирихле, Неймана, Коши для уравнений в частных производных, применять на практике современные методы педагогики и средства обучения;

3) **владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

В.1 умением описывать физические процессы с математической точки зрения, навыками решения некорректно поставленных задач, способностью находить оптимальный метод решения задач математической физики, теории дифференциальных и интегральных уравнений, умение повышать свой профессиональный уровень.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Уравнения математической физики» являются:

формирование у магистрантов навыков необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях математики и физики, а также овладение математическим аппаратом, применяемым для постановки и аналитического решения физических задач;

Основными задачами дисциплины являются:

- формирование у магистранта умение использовать математический аппарат для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях математики и физики;

- получение опыта постановки и аналитического решения физических задач.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Уравнения математической физики» (Б1.Б.1.2) - Общенаучный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|---|
| ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы | З-ОПК-2 Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы В-ОПК-2 Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы |
| УКЦ-2 Способен к самообучению, самоактуализации и саморазвитию с использованием различных цифровых технологий в условиях их непрерывного совершенствования | З-УКЦ-2 Знать основные цифровые платформы, технологии и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении У-УКЦ-2 Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения В-УКЦ-2 Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий |

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Формирование воспитательного потенциала по данным образовательным программам не предусмотрено рабочей программой воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – 4, 144 час., обучение по дисциплине проходит в семестре 1.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Основные понятия математической физики»
- **раздел 2** – «Теория гиперболических дифференциальных уравнений»
- **раздел 3** – «Применение уравнений математической физики»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

| № | Наименование раздела | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час | | | | Аттестационные мероприятия | | Макс. балл за раздел |
|------------------------------|---|---|----------------|---------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | Лекции | Практ. занятия | Лабор. работы | Самост. работа | Текущий контроль (нед/форма) | Аттестация раздела (нед/форма) | |
| 1 семестр (18 недель) | | | | | | | | |
| 1 | Основные понятия математической физики | 12 | 8 | | 14 | | 6/КР1 | 20 |
| 2 | Теория гиперболических дифференциальных уравнений | 12 | 12 | | 12 | | 12/КР2 | 20 |
| 3 | Применение уравнений математической физики | 8 | 12 | | 18 | | 16/КР3 | 20 |
| | Экзамен | | | | 36 | | | 40 |
| Итого за 1 семестр: | | 32 | 32 | | 80 | | | 100 |

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Номера разделов | Аттестационные мероприятия |
|--|-----------------|---------------------------------|
| – Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; (З-ОПК-2) | 1, 2, 3 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| – Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (У-ОПК-2) | 1, 2, 3 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| – Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (В-ОПК-2) | 1, 2, 3 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| – Знать основные цифровые платформы, технологии и интернет ресурсы используемые при онлайн обучении (З-УКЦ-2) | 1, 2, 3 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| – Уметь использовать различные цифровые технологии для организации обучения (У-УКЦ-2) | 1, 2, 3 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| – Владеть навыками самообучения, самоактуализации и саморазвития с использованием различных цифровых технологий (В-УКЦ-2) | 1, 2, 3 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

| Содержание разделов / тематика разделов | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|---|-------------------------------------|
| Раздел 1 Основные понятия математической физики | |
| 1.1 Основные понятия и определения. Уравнения переноса.. | 4 |
| 1.2 Линейные уравнения с частными производными первого порядка.. | 4 |
| 1.3 Классификация линейных уравнений с частными производными второго порядка, приведение к каноническому виду.. | 4 |
| <i>Итого по разделу 1:</i> | <i>12</i> |
| Раздел 2 Теория гиперболических дифференциальных уравнений | |
| 2.1 Математическое моделирование колебаний струны. Волновое уравнение.. | 4 |
| 2.2 Метод разделения переменных.. | 4 |
| 2.3 Задача Штурма-Лиувилля. Специальные функции.. | 4 |
| <i>Итого по разделу 2:</i> | <i>12</i> |
| Раздел 3 Применение уравнений математической физики | |
| 3.1 Эллиптические уравнения.. | 4 |
| 3.2 Электрические колебания в длинных линиях.. | 4 |
| <i>Итого по разделу 3:</i> | <i>8</i> |
| Всего по теоретическому разделу дисциплины: | 32 |

5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

| Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|---|-------------------------------------|
| Раздел 1 Основные понятия математической физики | |
| 1.1 Основные понятия и определения. Общее решение уравнений с частными производными.. | 4 |
| 1.2 Решение задачи Коши для линейных уравнений первого порядка.. | 4 |
| <i>Итого по разделу 1:</i> | <i>8</i> |
| Раздел 2 Теория гиперболических дифференциальных уравнений | |
| 2.1 Приведение линейных уравнений с частными производными второго порядка к каноническому виду и их классификация.. | 4 |

| | |
|--|-------------------------------------|
| Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
| 2.2 Волновое уравнение. Задача Коши. Метод Даламбера. Физическая интерпретация решения Даламбера.. | 4 |
| 2.3 Метод разделения переменных, метод Фурье для решения уравнения колебаний струны конечных размеров. Физическая интерпретация решения в форме Фурье.. | 4 |
| <i>Итого по разделу 2:</i> | <i>12</i> |
| Раздел 3 Применение уравнений математической физики | |
| 3.1 Одномерная задача о распространении тепла в ограниченном стержне.. | 4 |
| 3.2 Уравнения Лапласа и Пуассона. Собственные функции и собственные значения оператора Лапласа.. | 4 |
| 3.3 Частные случаи телеграфного уравнения. Установившиеся процессы.. | 4 |
| <i>Итого по разделу 3:</i> | <i>12</i> |
| Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины: | 32 |

5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Поисковый метод, Исследовательский метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Поисковый метод, Исследовательский метод.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 36 час.

7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационные мероприятия |
|-------------|---------------------|---------------------------------|
| ОПК-2 | З-ОПК-2 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| ОПК-2 | У-ОПК-2 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| ОПК-2 | В-ОПК-2 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| УКЦ-2 | З-УКЦ-2 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| УКЦ-2 | У-УКЦ-2 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |
| УКЦ-2 | В-УКЦ-2 | КР1, КР2, КР3, Экзамен (1 сем.) |

Шкалы оценки образовательных достижений. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

Аттестация в 1 семестре:

| Вид контроля | Наименование видов контроля | Максимальная положительная оценка в баллах | Минимальная положительная оценка в баллах |
|---------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Текущая аттестация | | | |
| КР1 | Контрольная работа | 20 | 12 |
| КР2 | Контрольная работа | 20 | 12 |
| КР3 | Контрольная работа | 20 | 12 |
| Сумма: | | 60 | 36 |
| Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | | 40 | 24 |
| Итого: | | 100 | 60 |

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|---------------|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|---------|
| Сумма баллов по дисциплине | 100–90 | 89–85 | 84–75 | 74–70 | 69–65 | 64–60 | ниже 60 |
| Оценка (ECTS) | A | B | C | D | | E | F |
| Оценка по 4-х балльной шкале | отлично (отл.) | хорошо (хор.) | | удовлетворительно (удовл.) | | неудовлетворительно (неуд.) | |
| Зачет | Зачтено | | | | | Не зачтено | |

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы для Экзамена (1 семестр):

1 Основные понятия и определения дифференциальных уравнений с частными производными.

- 2 Вывод уравнения переноса. Уравнения Максвелла.
- 3 Решения линейных уравнений с частными производными первого порядка.
- 4 Задача Коши.
- 5 Приведение линейных уравнений с частными производными второго порядка к каноническому виду.
- 6 Классификация линейных уравнений с частными производными второго порядка.
- 7 Волновое уравнение. Физическая постановка задачи.
- 8 Волновое уравнение. Математическая постановка задачи.
- 9 Метод Даламбера.
- 10 Физическая интерпретация решения Даламбера.
- 11 Полубесконечная струна. Влияние границы.
- 12 Метод Фурье для решения уравнения колебания струны конечных размеров.
- 13 Метод разделения переменных для неоднородного уравнения колебания струны.
- 14 Задача Штурма – Лиувилля. Собственные числа и собственные функции.
- 15 Физическая интерпретация решения Фурье колебания струны конечных размеров.
- 16 Сравнение методов Даламбера и Фурье.
- 17 Вывод уравнения диффузии.
- 18 Вывод уравнения теплопроводности.
- 19 Классификация краевых задач по виду граничных условий.
- 20 Распространение тепла на бесконечной прямой. Интеграл Пуассона.
- 21 Одномерная задача о распространении тепла в стенке.
- 22 Первая краевая задача. Неоднородные граничные условия.
- 23 Метод разделения переменных для неоднородного уравнения теплопроводности.
- 24 Собственные функции и собственные значения оператора Лапласа.
- 25 Некоторые частные решения уравнения Лапласа.
- 26 Решения краевой задачи Дирихле.
- 27 Решения краевой задачи Неймана.
- 28 Электростатическая задача для полуполосы.
- 29 Вывод телеграфного уравнения.
- 30 Понятие гармонической функции. Принцип максимума для гармонических функций.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

- Л1.1 Байков В. А. Уравнения математической физики: Учебник и практикум для вузов / Байков В. А., Жибер А. В. - Москва: Юрайт, 2021 - 254 с
- Л1.2 Емельянов В. М. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач [Электронный ресурс] / Емельянов В. М., Рыбакина Е. А. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 216 с.
- Л1.3 Ильин А. М. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] / Ильин А. М. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009 - 192 с.

8.2 Дополнительная литература

- Л2.1 Владимиров В. С. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] / Владимиров В. С., Жаринов В. В. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2000 - 400 с.
- Л2.2 Карчевский М. М. Уравнения математической физики. Дополнительные главы [Электронный ресурс] / Карчевский М. М., Павлова М. Ф. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 276 с.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 Журнал «Вестник московского университета. Серия 15: вычислительная математика и кибернетика», доступный период: с 1977 – , ISSN: 0137-0782, <http://elibrary.ru/>.

Э2 Журнал «Журнал вычислительной математики и математической физики», доступный период: с 1961 – , ISSN: 0044-4669, <http://elibrary.ru/>.

Э3 Журнал «Известия высших учебных заведений. Математика», доступный период: с 1958 – , ISSN: 2076-4626, <http://elibrary.ru/>.

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурис). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из сущности данной задачи.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение

конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических, занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Выполнение домашних заданий
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (1 семестр)

В течение 1 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): В. Н. Брендаков