МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет**

**им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| **Физический факультет** |

УТВЕРЖДЕНО

решением ученого совета ННГУ

(протокол от 16.06.2021 г. №8)

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| Теория функций комплексного переменного |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| бакалавриат |

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| 09.03.02 Информационные системы и технологии |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| Информационные системы и технологии в физических исследованиях |

Форма обучения

|  |
| --- |
| очная |

Год начала подготовки

2021 год

Нижний Новгород

2021 год

**Лист актуализации**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | | | |
|  |  |  |
|  | | | |
|  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | |
|  |  |  |
| Председатель МК | |  | |
| \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г. | | | |
|  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры | | | |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | | | |
|  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_  Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_Фидельман В.Р. | | |
|  |  |  |
|  | | | |
|  |  |  |
|  | | | |
|  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | |
|  |  |  |
| Председатель МК | |  | |
| \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. | | | |
|  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры | | | |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | | | |
|  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. № \_\_  Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_ | | |
|  |  |  |
|  | | | |
|  |  |  |
|  | | | |
|  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | |
|  |  |  |
| Председатель МК | |  | |
| \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. | | | |
|  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры | | | |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | | | |
|  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. № \_\_  Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_ | | |
|  | | | |
|  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | |
|  |  |  |
| Председатель МК | |  | |
| \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. | | | |
|  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры | | | |
| **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | | | |
|  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. № \_\_  Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_ | | |

**1. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Теория функций комплексного переменного» (Б1.В.ДВ.02.01) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана основной образовательной программы, является курсом по выбору.

Дисциплина преподается в 4 семестре.

**2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Формируемые компетенции** (код, содержание компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции** | | **Наименование оценочного средства** |
| **Индикатор достижения компетенции**  (код, содержание индикатора) | **Результаты обучения**  **по дисциплине** |
| ПК-15. Способен применять современный математический аппарат при проведении, моделировании и анализе результатов компьютерного или натурного эксперимента | ПК-15.1. Знать современный математический аппарат, используемый при разработке компьютерных моделей и анализе результатов. | Знание методов решения основных типов задач теории функций комплексного переменного в приложении к обработке и анализу результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований. | Собеседование |
| ПК-15.2. Уметь применять современный математический аппарат при проведении, моделировании и анализе результатов компьютерного или натурного эксперимента | Умение выбирать правильные подходы к решению и решать основные типы задач теории функций комплексного переменного при обработке и анализе результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований. | Задача |
| ПК-15.3. Владеть навыками применения современных аналитических и численных методов в решении профессиональных задач. | Владение навыками решения задач теории функций комплексного переменного применительно к анализу результатов компьютерного моделирования и экспериментальных исследований. | Задача |

**3. Структура и содержание дисциплины**

**3.1. Трудоемкость дисциплины**

|  |  |
| --- | --- |
| **Очная форма обучения** | |
| Общая трудоемкость | 5 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 180 |
| в том числе |  |
| аудиторные занятия (контактная работа):  - занятия лекционного типа, ч  - практические занятия, ч  - лабораторных, ч | 66  32  32 |
| самостоятельная работа, ч  контроль | 78  36 |
| Промежуточная аттестация | экзамен |

**3.2. Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),** | **Всего**  **(часы)** | В том числе | | | |  |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | **Самостоятельная работа,**  **часы** |
| **Занятия лекционного типа** | **Практичские занятия** | **Занятия лабораторного**  **типа** | **Всего** |
| **1. Вариационное исчисление.**  Определение функционала. Вариация функции, вариация функционала. Понятие экстремали. Условие экстремальности функционала, зависящего от функции одной переменной и ее производной. Условие экстремальности функционала, зависящего от производных порядка выше первого. Условия экстремальности функционала, зависящего от нескольких функций одной переменной и от их первых производных. Вариация концов функционала. Теорема Нетер. Первые интегралы уравнений Эйлера – Лагранжа. Условный экстремум функционала. Изопериметрические задачи. Условие экстремальности функционала, зависящего от функции нескольких переменных и ее первых производных. | 20 | 4 | 6 | – | 10 | 8 |
| **2. Уравнения второго порядка в частных производных.**  Уравнение колебаний струны. Постановка задачи Коши для струны. Метод разделения переменных в задаче о струне. Уравнения колебаний плоской мембраны и сплошной трехмерной среды. Уравнения диффузии и теплопроводности. Задача Коши для них. Метод разделения переменных для тела, имеющего форму параллелепипеда. | 25 | 4 | 4 | – | 8 | 12 |
| **3. Аналитические функции. Условия Коши-Римана.**  Представление комплексного числа. Бесконечно удаленная точка. Действия с комплексными числами. Определение функции комплексного переменного. Предел и непрерывность функции. Однозначные и многозначные функции. Точка ветвления. Производная функции комплексного переменного. Условия Коши – Римана. Теорема о существовании обратной функции для аналитической функции. | 20 | 2 | 2 | – | 4 | 8 |
| **4. Конформные отображения.**  Геометрический смысл модуля и аргумента производной аналитической функции. Дробно-линейная функция. Круговое свойство дробно-линейной функции. Теорема об отображении точек, симметричных относительно окружности, при дробно-линейном преобразовании. | 20 | 2 | 4 | – | 6 | 8 |
| **5. Интеграл функции комплексного переменного. Формула Коши.**  Определение интеграла от функции комплексного переменного и его свойства. Теорема Коши для односвязной области. Теорема Коши для многосвязной области и ее следствия. Интеграл Коши. Формула Коши. Принцип максимума модуля аналитической функции. Теорема Лиувилля. | 24 | 4 | 4 | – | 8 | 10 |
| **6. Степенные ряды.**  Ряды комплексных чисел и функциональные ряды. Сходимость и абсолютная сходимость ряда. Признак Вейерштрасса равномерной сходимости функционального ряда. Степенные ряды. Теорема Абеля. Теорема Тейлора. Изолированные особые точки аналитических функций. Ряд Лорана. | 24 | 4 | 6 | – | 10 | 10 |
| **7. Аналитическое продолжение.**   1. Нули аналитической функции. Теорема о нулях. Теорема единственности и ее следствия. Аналитическое продолжение с действительной оси. Принципы аналитического продолжения. | 11 | 4 | – | – | 4 | 6 |
| **8. Теория вычетов.**  Определение вычета функции. Основная теорема теории вычетов. Вычет функции в полюсе первого порядка. Вычет функции в полюсе произвольного порядка. Применение теории вычетов к вычислению действительных определенных интегралов. Лемма Жордана. Вычет аналитической функции в бесконечно удаленной точке. Теорема о сумме вычетов аналитической функции. | 24 | 6 | 6 | – | 12 | 11 |
| **9. Гамма-функция.**  Определение Г-функции, ее значения при целых и полуцелых значениях аргумента, полюса, график. Вычеты Г-функции в полюсах. Вывод основных соотношений для Г-функции. Асимптотика Г-функции при больших значениях модуля аргумента – формула Стирлинга. | 10 | 2 | – | – | 2 | 5 |
| **Промежуточная аттестация** | 2 |  |  |  | 2 |  |
| 1. Итого | 180 | 32 | 32 |  | 66 | 78 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках практических занятий

Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена.

**4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающегося проводится в форме выполнения домашних контрольных заданий и изучения лекционного материала. В качестве учебно-методического обеспечения самостоятельной работы используется литература, указанная в разделе 6. Примеры контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),**

включающий:

**5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)** | **Шкала оценивания сформированности компетенций** | | | | | | |
| **плохо** | **неудовлетворительно** | **удовлетворительно** | **хорошо** | **очень хорошо** | **отлично** | **превосходно** |
| Не зачтено | | зачтено | | | | |
| Знания | Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| Умения | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| Навыки | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки. | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |

**Шкала оценки при промежуточной аттестации**

| **Оценка** | | **Уровень подготовки** |
| --- | --- | --- |
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

**5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

**5.2.1 Контрольные вопросы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Вопросы** | **Код формируемой компетенции** |
| 1 | Определение функционала. Понятие экстремали. | ПК-15 |
| 2 | Первые интегралы уравнений Эйлера – Лагранжа. | ПК-15 |
| 3 | Представление комплексного числа. | ПК-15 |
| 4 | Аналитические функции. Конформные отображения. | ПК-15 |
| 5 | Теоремы Коши и их следствия. | ПК-15 |
| 6 | Определение интеграла от функции комплексного переменного и его свойства. | ПК-15 |
| 7 | Интеграл Коши. Формула Коши. | ПК-15 |
| 8 | Степенные ряды и их сходимость. Теорема Абеля. | ПК-15 |
| 9 | Типы изолированных особых точек аналитических функций. | ПК-15 |
| 10 | Ряды Тэйлора и Лорана. | ПК-15 |
| 11 | Определение вычета функции. Основная теорема теории вычетов. | ПК-15 |
| 12 | Теорема о сумме вычетов. Вычет в бесконечно удаленной точке. | ПК-15 |
| 13 | Типы действительных интегралов, берущихся с помощью теории вычетов. Лемма Жордана. | ПК-15 |
| 14 | Основные соотношения для Г-функции. | ПК-15 |
| 15 | Полюса Г-функции и вычеты в полюсах. | ПК-15 |
| 16 | Аналитическое продолжение. Теорема единственности. | ПК-15 |
| 17 | Уравнения колебаний, диффузии, теплопроводности. Постановка задачи Коши для них. | ПК-15 |
| 18 | Метод решения уравнений колебаний, диффузии и теплопроводности. | ПК-15 |

**5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-15**

1. Является ли аналитической функция ****?

2. Разложить функцию **** в ряд Лорана в окрестности точки , указать область сходимости.

3. Вычислить интеграл .

4. Найти экстремаль функционала , , .

5. Найти собственные частоты колебаний прямоугольной мембраны , , три края которой свободны, а один () закреплен.

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М: Наука, 1969. 424 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 30 экз.

2. Смирнов В.И. Курс высшей математики. М: Наука, 1981. Том 3, часть 2. 672 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 14 экз.

3. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексной переменной. М: Наука, 1967. 304 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 14 экз.

б) дополнительная литература:

1. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. М: Наука, 1979. 688 с. Фонд Фундаментальной библиотеки ННГУ, 10 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

Интернет-ресурсы Фундаментальной библиотеки ННГУ http://www.lib.unn.ru/.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные досками и мелом или магнитно-маркерными досками с наборами маркеров.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ООП ВПО по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Автор

Заведующий кафедрой ТФ

физического факультета, д.ф.-м.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Бурдов В.А.

Рецензент

д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.

статистической радиофизики и

мобильных систем связи РФФ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Мальцев А.А.

Заведующий кафедрой ИТФИ

д.т.н., профессор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Фидельман В.Р

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета