

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Физика и естественнонаучные дисциплины»

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Теория функций комплексного переменного»

#### **Специальность**

«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

#### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Системы контроля и управления атомных станций»

#### **Квалификация выпускника**

Инженер-физик

#### **Форма обучения**

Очная

Балаково

## Цель освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины: приобретение студентами необходимой математической культуры и знаний для использования их по своей специальности.

Задачи изучения дисциплины: в результате изучения курса студент должен уметь решать набор стандартных задач, ориентироваться в математической литературе, относящейся к его специальности, оценивать информацию, планировать и осуществлять свою деятельность с учетом результатов этого анализа.

## Место дисциплины в структуре ООП ВО

Рабочая программа освоения учебной дисциплины «Теория функций комплексного переменного» составлена в соответствии с требованиями Образовательного стандарта высшего образования, самостоятельно устанавливаемого НИЯУ МИФИ.

Дисциплине предшествует общематематическая подготовка в объеме средней общеобразовательной школы или колледжа, а также дисциплина «Математический анализ».

Усвоение данной дисциплины как предшествующей необходимо при изучении следующих дисциплин: дифференциальные и интегральные уравнения, различные разделы физики.

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

общепрофессиональные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ОПК-1 Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-ОПК-1 Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат В-ОПК-1 Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов

универсальные

УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные
-------	---	--



1	1-2	Функции комплексного переменного Дифференцирование функций комплексного переменного	54	16		16/12	22	КР1 Кл	40
2	3-4	Интегрирование функций комплексного переменного Ряды. Теория вычетов	54	16		16/12	22	КР2	20
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>108/24</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>32/24</b>	<b>44</b>	<b>Зачет</b>	<b>40</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

\*\* - сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КР	Контрольная работа
Кл	Коллоквиум

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Раздел 1. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного.</b> Комплексные числа. Геометрическое изображение комплексного числа. Понятие о модуле и аргументе комплексного числа. Формы записи комплексного числа. Арифметические операции над комплексными числами. Возведение в степень. Извлечение корня. Определение и геометрический смысл функции комплексного переменного. Предел и непрерывность функции комплексного переменного. Основные элементарные функции комплексного переменного и их свойства. Определение производной функции комплексного переменного. Условия существования производной (условия Коши-Римана). Формула для вычисления производной. Аналитическая функция. Дифференциал. Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Конформные отображения.	16	1,2,3
<b>Раздел 2. Интегрирование функций комплексного переменного. Ряды. Теория вычетов.</b> Интегрирование функции комплексного переменного. Определение, свойства и правила вычисления интеграла функции комплексного переменного. Теорема Коши. Первообразная и неопределенный интеграл. Формула Ньютона-Лейбница. Интеграл Коши. Интегральная формула Коши. Числовые ряды. Степенные ряды. Вычисление радиуса сходимости степенного ряда. Свойства степенного ряда внутри его круга сходимости. Ряд Тейлора. Представление аналитической функции рядом Тейлора. Нули аналитической функции. Ряд Лорана. Классификация особых точек. Связь между нулем и полюсом функции.	16	1,2,4

Вычет функции. Понятие вычета. Основная теорема о вычетах. Вычисление вычетов. Применение вычетов в вычислении интегралов.		
--	--	--

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Раздел 1. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного.</b> Арифметические операции над комплексными числами. Возведение в степень. Извлечение корня. Элементарные функции комплексного переменного. Нахождение действительной и мнимой части функции комплексного переменного. Проверка условий существования производной (условий Коши-Римана). Вычисление производных. Решение задач на конформные отображения.	16	1,2,3
<b>Раздел 2. Интегрирование функций комплексного переменного. Ряды. Теория вычетов.</b> Интегрирование функции комплексного переменного. Теорема Коши. Формула Ньютона-Лейбница. Интеграл Коши. Интегральная формула Коши. Вычисление радиуса сходимости степенного ряда. Ряд Тейлора. Представление аналитической функции рядом Тейлора. Нули аналитической функции. Ряд Лорана. Классификация особых точек. Вычисление вычетов. Применение вычетов в вычислении интегралов.	16	1,2,4

### Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
<b>Раздел 1. Функции комплексного переменного. Дифференцирование функций комплексного переменного.</b> Вычисление производных функций комплексного переменного Конформные изображения	22	1,2,3
<b>Раздел 2. Интегрирование функций комплексного переменного. Ряды. Теория вычетов.</b> Вычисление интегралов функций комплексного переменного. Применение вычетов к вычислению интегралов.	22	1,2,4

### Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом

## Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом

### Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Теория функций комплексного переменного» используются следующие образовательные технологии:

- лекции в формате мультимедиа;
- глоссарий в электронном варианте;
- методические указания в электронном варианте по различным разделам математики.

### Фонд 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 представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
1	Раздел 1 Темы: 1. Функции комплексного переменного 2. Дифференцирование функций комплексного переменного	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1	Контрольная работа 1 Коллоквиум
2	Раздел 2 Темы: 3. Интегрирование функций комплексного переменного 4. Ряды. Теория вычетов	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1	Контрольная работа 2
Промежуточная аттестация			
1	Зачет	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1 З-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1	Вопросы к зачету

Оценочное средство для входного контроля представляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

#### Вопросы входного контроля

1. Определение производной, ее геометрический и физический смысл.
2. Определение неопределенного интеграла.
3. Определение определенного интеграла.
4. Формулы интегрирования по частям неопределенного и определенного интегралов.

5. Интегрирование методом замены.
6. Формула Ньютона-Лейбница.
7. Таблицы производных и интегралов основных элементарных функций.
8. Степенные ряды. Ряды Тейлора и Маклорена.
9. Понятие дифференциала функции одной переменной.
10. Дифференцирование функции 2-х переменных.
11. Криволинейные интегралы.

В качестве оценочных средств аттестации разделов, текущего контроля успеваемости используются контрольные работы, коллоквиум.

Контрольная работа - средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу. Проводится в ходе учебных (аудиторных) занятий, проводимых по расписанию.

#### **Примерный вариант контрольной работы 1 (КР1)**

1. На комплексной плоскости изобразить области, удовлетворяющие условиям:

$$|z - 1| < 1$$

2. Найти  $Re f(z)$ ,  $Im f(z)$ , где:

$$f(z) = \sin 4z$$

3. Найти точки, в которых функция имеет производную, найти производную (если она существует):

$$w = e^{z-3i}$$

#### **Примерный вариант контрольной работы 2 (КР2)**

1. Вычислить

$$\int_L (2z - i\bar{z}) dz$$

по отрезку прямой  $L$  от точки  $z_1 = 1 + 2i$  до  $z_2 = 3 + 6i$ .

2. Вычислить с помощью формулы Ньютона-Лейбница интеграл

$$\int_L (z + 1)e^z dz,$$

где  $L$  - отрезок от точки  $z_1 = 1$  до  $z_2 = i$ .

3. Вычислить интеграл

$$\oint_L \frac{dz}{z(z^2 - 4)},$$

где  $L: |z - i| = \frac{3}{2}$ ,

используя Т(Коши) и Т(Интегр. формула Коши).

#### **Вопросы коллоквиума (Кл)**

1. Определение комплексного числа.
2. Геометрическое изображение комплексного числа.
3. Модуль и аргумент комплексного числа.
4. Формы записи комплексного числа.
5. Формула Эйлера.
6. Арифметические операции над комплексными числами.

7. Возведение в степень комплексного числа.
8. Извлечение корня.
9. Определение последовательности комплексных чисел.
10. Предел последовательности комплексных чисел. Сходящаяся последовательность. Геометрический смысл предела последовательности комплексных чисел.
11. Теорема (Н. и Д. условие сходимости последовательности комплексных чисел) (док-во).
12. Последовательность комплексных чисел, сходящаяся к бесконечности. Геометрический смысл определения.
13. Расширенная комплексная плоскость.
14. Внутренняя точка множества. Определение области. Граничная точка области. Односвязная и многосвязная область.
15. Параметрическое задание кривой на комплексной плоскости.
16. Параметрические уравнения окружности на комплексной плоскости.
17. Уравнение кривой на комплексной плоскости в неявном виде.
18. Уравнение прямой на комплексной плоскости в неявном виде.
19. Определение функции комплексной переменной. Геометрический смысл определения.
20. Предел функции комплексной переменной.
21. Непрерывность функции комплексной переменной.
22. Показательная функция комплексной переменной.
23. Логарифмические функции комплексной переменной.
24. Степенные функции комплексной переменной.
25. Тригонометрические функции комплексной переменной.
26. Гиперболические функции комплексной переменной.
27. Обратные тригонометрические функции комплексной переменной.
28. Обратные гиперболические функции комплексной переменной.
29. Определение производной функции комплексной переменной.
30. Теорема (Условия Коши-Римана дифференцирования функции) (док-во).
31. Формулы вычисления производных функций комплексной переменной.
32. Условия Коши-Римана в полярных координатах (вывод).
33. Формула вычисления производных в полярных координатах (вывод).
34. Аналитические функции. Гармонические функции. Уравнение Лапласа.
35. Теорема (О связи гармонических функций с аналитическими) (док-во).
36. Сопряженные гармонические функции. Теорема (О сопряженных гармонических функциях) (без док-ва).
37. Дифференциал функции комплексной переменной (вывод).
38. Геометрический смысл модуля и аргумента производной (вывод). Конформные отображения.

По итогам обучения проводится зачетная работа.

### **Вопросы выходного контроля (зачета)**

1. Определение интеграла функции комплексного переменного.
2. Свойства интеграла функции комплексного переменного.
3. Теорема (Коши) (док-во).
4. Теорема (Коши для многосвязной области) (док-во). Замечание.
5. Следствие из теоремы Коши.
6. Первообразная и неопределенный интеграл функции комплексного переменного. Формула Ньютона-Лейбница.
7. Теорема (Интегральная формула Коши). Следствие.
8. Определение числового комплексного ряда,  $n$ -я частичная сумма, сумма числового комплексного ряда. Определение сходящегося числового комплексного ряда.



9. Определение степенного комплексного ряда, область его сходимости.
10. Теорема (Абея). Следствие.
11. Определение радиуса и круга сходимости степенного ряда.
12. Формулы вычисления радиуса и круга сходимости.
13. Теорема (Разложение функции комплексной переменной в ряд Тейлора) (док-во).
14. Представление некоторых элементарных функций рядом Тейлора.
15. Теорема (Разложение функции комплексной переменной в ряд Лорана).
16. Определение изолированной особой точки функции, конечной и бесконечной особой изолированной точки.
17. Определение главной и правильной части ряда Лорана.
18. Классификация особых точек (пределы и ряды Лорана для них).
19. Определение порядка полюса.
20. Определение вычета функции комплексной переменной.
21. Теорема (Коши о вычетах) (док-во).
22. Вычисление вычетов в правильных и устранимых точках.
23. Вычисление вычетов в простых полюсах.
24. Вычисление вычетов в полюсах  $m$ -го порядка.
25. Вычисление вычетов в существенно особых точках.

#### **Шкалы оценки образовательных достижений**

<b>Баллы</b> (итоговой рейтинговой оценки)	<b>Требования к знаниям</b>
100-85	Ответы на поставленные вопросы полные, четкие и развернутые. Решения задач логичны, доказательны и демонстрируют аналитические и творческие способности студента.
84-70	Даются полные ответы на поставленные вопросы. Показано умение выделять причинно-следственные связи. При решении задач допущены незначительные ошибки, исправленные с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.
69-60	Ответы на вопросы и решения поставленных задач недостаточно полные. Логика и последовательность в решении задач имеют нарушения. В ответах отсутствуют выводы.

#### **Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

##### Основная литература

1. Шабунин, М. И. Теория функций комплексного переменного: учебное пособие / М. И. Шабунин, Ю. В. Сидоров. — 5-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 303 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/151505/#1>
2. Богомоллова, Е. В. Теория функций комплексной переменной: учебное пособие / Е. В. Богомоллова. — Дубна: Государственный университет «Дубна», 2018. — 107 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/154470/#1>

#### Дополнительная

3. Чуешев, В. В. Теория функций комплексного переменного: учебное пособие / В. В. Чуешев, Н. А. Чуешева. — 3-е изд., испр. и доп. — Кемерово: КемГУ, 2018 — Часть 1 — 2018. — 154 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/134309/#1>

4. Чуешев, В. В. Теория функций комплексного переменного: учебное пособие / В. В. Чуешев, Н. А. Чуешева. — 3-е изд., исп. и доп. — Кемерово: КемГУ, 2020 — Часть II — 2020. — 162 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/141572/#1>

#### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Процесс реализации образовательной программы в соответствии с требованиями ОС ВО обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения «Word», «Power Paint» версии Office 2010.

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием.

Практические занятия проводятся в учебной аудитории, предназначенной для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория оснащена необходимым оборудованием (проектором, доской, компьютером) для проведения занятий с помощью презентаций.

### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

#### 1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

#### 2. Указания для участия в практических занятиях

Перед посещением практического занятия уяснить тему и самостоятельно изучить связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвовать в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

По возможности самостоятельно доводить решение предлагаемых задач до окончатель-

ного итога.

В конце практического занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

### 3. Указания для выполнения самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы. Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

Подготовить ответы на контрольные вопросы.

## **Методические рекомендации для преподавателей**

### 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой практического занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Рабочую программу составил доцент

Рецензент: профессор



Барановская Л.В.

Чернова Н.М.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг от 15.11.2021 года, протокол №2.

Председатель учебно-методической комиссии



Ляпин А.С.