

УТВЕРЖДЕНО
Проректор по учебной работе
и довузовской подготовке
А. А. Воронов
25 июня 2019 г.

ПРОГРАММА

по дисциплине: **Теория функций комплексного переменного**
по направлению
подготовки: **03.03.01 «Прикладные математика и физика»**
физтех-школы: **ФАКТ, ФЭФМ**
кафедра: **высшей математики**
курс: **3**
семестр: **5**

Трудоёмкость:

Базовая часть — 4 зач. ед.;

лекции — 45 часов

практические занятия — 30 часов

лабораторные занятия — нет

Экзамен — 5 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ — 75

Самостоятельная работа:
75 часов

Программу составили:

д. ф.-м. н., профессор Е. С. Половинкин
к. ф.-м. н., доцент А. А. Хасанов
к. ф.-м. н., доцент С. Е. Городецкий
к. ф.-м. н., доцент А. Н. Бурмистров

Программа принята на заседании кафедры
высшей математики 22 мая 2019 г.

Заведующий кафедрой
д. ф.-м. н., профессор

Г. Е. Иванов

1. Комплексные числа. Расширенная комплексная плоскость. Сфера Римана. Последовательности и ряды. Понятие функции комплексного переменного. Предел и непрерывность.
2. Дифференцирование по комплексному переменному. Условия Коши–Римана. Понятие функции, регулярной в области. Сопряженные гармонические функции двух переменных.
3. Элементарные функции комплексного переменного: степенная, рациональная, показательная и тригонометрическая, их свойства. Теорема об обратной функции. Понятие о многозначной функции и ее регулярных ветвях. Главные регулярные ветви многозначных функций $\{\sqrt[n]{z}\}$ и $\text{Ln}z$.
4. Интегрирование по комплексному переменному, свойства интеграла. Первообразная функции и полный дифференциал, их связь с интегралом, независимым от формы кривой.
5. Интегральная теорема Коши для регулярной функции. Лемма Гурса. Интегральная формула Коши. Интеграл Коши, его регулярность.
6. Степенные ряды, первая теорема Абеля, радиус и круг сходимости. Разложение в степенной ряд функции, регулярной в круге. Теоремы Вейерштрасса для локально равномерно сходящихся рядов из регулярных функций. Теорема единственности для регулярных функций.
7. Достаточные условия существования первообразной. Формула Ньютона–Лейбница. Теорема Морера.
8. Ряд Лорана и его кольцо сходимости. Разложение в ряд Лорана функции, регулярной в кольце, его единственность и неравенство Коши для коэффициентов ряда Лорана.
9. Изолированные особые точки однозначного характера, их классификация. Определение характера особой точки по главной части ряда Лорана.
10. Вычеты. Вычисление интегралов с помощью вычетов. Лемма Жордана.
11. Приращение аргумента z вдоль гладкого контура, его интегральное представление и свойства. Приращение аргумента функции $f(z)$ вдоль непрерывного контура. Общий вид регулярных ветвей многозначных функций $\text{Ln}z$ и $\{\sqrt[n]{z}\}$ в односвязной области, не содержащей нуля. Условия существования и общий вид регулярных ветвей многозначных функций $\text{Ln}f(z)$ и $\{\sqrt[n]{f(z)}\}$. Вычисление интегралов от регулярных ветвей многозначных функций.
12. Целые функции. Теорема Лиувилля, теорема Сохоцкого–Вейерштрасса и теорема Пикара (последняя без доказательства) для целых функций.

13. Мероморфные функции. Теорема о представлении мероморфной функции в виде ряда элементарных дробей. Формула для $\operatorname{ctg} z$.
14. Понятия об аналитическом продолжении элементов друг в друга с помощью конечной цепочки элементов и вдоль контура, эквивалентность этих понятий. Единственность аналитического продолжения. Понятие об аналитической функции и ее римановой поверхности. Теорема о монодромии (без доказательства).
15. Особые точки аналитических функций, точки ветвления. Теорема Коши-Адамара о наличии особой точки на границе круга сходимости степенного ряда.
16. Принцип аргумента. Теорема Руше. Основная теорема алгебры.
17. Лемма об открытости. Принцип сохранения области. Однолиственность и многолиственность в малом. Принцип максимума модуля регулярной функции. Принцип максимума и минимума гармонической функции. Лемма Шварца.
18. Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Понятие конформного отображения в расширенной комплексной области.
19. Дробно-линейные функции и их свойства.
20. Конформные отображения с помощью элементарных функций. Функция Жуковского и ее свойства. Теорема Римана о конформной эквивалентности односвязных областей (доказательство единственности). Принцип соответствия границ (без доказательства).
21. Теорема о стирании разреза. Принцип симметрии при конформных отображениях.
22. Задача Дирихле для уравнения Лапласа. Единственность решения. Интеграл Пуассона для круга. Существование решения задачи Дирихле для уравнения Лапласа.

Литература

Основная

1. *Половинкин Е. С.* Лекции по теории функций комплексного переменного. — Москва : Физматкнига, 2003.
2. *Шабунин М. И., Сидоров Ю. В.* Теория функций комплексного переменного. — Москва : Лаборатория знаний, 2016.

Дополнительная

3. *Лаврентьев М. А., Шабат Б. В.* Методы теории функций комплексного переменного. — Москва : Наука, 1973, 1987; Санкт Петербург : Лань, 2002.
4. *Сидоров Ю. В., Федорюк М. В., Шабунин М. И.* Лекции по теории функций комплексного переменного. — Москва : Книга по требованию, 2013.

ЗАДАНИЯ

Все номера задач указаны по книге: *Шабунин М. И., Половинкин Е. С., Карлов М. И.* Сборник задач по теории функций комплексного переменного — Москва : Бином, 2006.

Замечания

1. Задачи с подчеркнутыми номерами рекомендовано разобрать на семинарских занятиях.
2. Задачи, отмеченные *, являются необязательными для всех студентов.

ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 30 сентября – 5 октября)

I. Комплексные числа

§1: 2(3, 4); 3(3); 5(4); 6; 9(3); 10(5); 18.

T.1. Где лежат точки z , для которых $\left| \frac{z-z_1}{z-z_2} \right| = 1$?

T.2. Когда четыре точки z, z_2, z_3, z_4 лежат на окружности?

II. Элементарные функции. Функциональные ряды

§3: 11(1, 4); 12(1, 2); 13(1, 2); 17(3, 5, 7).

III. Условия Коши–Римана. Гармонические функции

§5: 1(2, 4, 6) 17(3, 6).

IV. Ряд Тейлора

§7: 5; 11(2, 3).

V. Теорема единственности

§9: 2(5, 6); 13(5).

T.3*. Пусть функция $f: G \rightarrow \mathbb{C}$ регулярна в области G . Пусть существует натуральное число n такое, что для всех $z \in G$ выполнено $f^{(n)}(z) = 0$. Доказать, что f – многочлен степени меньше n .

VI. Ряд Лорана

§11: 4(6); 5(4); 7(3); 8(6); 9(2); 10(6).

VII. Особые точки однозначного характера

§12: 8(3, 7); 15(4, 8); 17(9); 20(5).

T.4. Найти и исследовать все особые точки функции f (для полюса указать порядок)

$$f(z) = \frac{\sin \frac{3\pi z}{2}}{(\cos 2\pi z - \cos \pi z)(\cos \frac{4\pi^2}{z} - 1)} e^{\frac{1}{\sin \pi z}}.$$

Т.5*. Пусть регулярная в кольце $G = \{z \mid 0 < |z| < 1\}$ функция f такова, что найдутся действительные числа $A > 0$ и $B > 0$ и $\alpha \in [0, 1]$, при которых справедливо равенство

$$\frac{A}{|z|^\alpha} \leq |f(z)| \leq \frac{B}{|z|^{\alpha+1}}, \quad \forall z \in G.$$

Определить тип особой точки 0 для функции f при различных α .

43[2* (18)]

ВТОРОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 11–16 ноября)

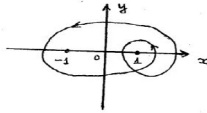
I. Вычеты и вычисление интегралов

§13: 2(13); 4(5); 5(3).

§14: 2(6, 8, 18, 22); 3(1).

Т.1. Вычислить интеграл от функции $f(z) = \frac{z^2}{z^2-1} \sin \frac{1}{z}$:

- а) по малой петле гладкого контура, изображенного на рисунке;
- б) по всему контуру.



§23: 1(4, 8); 2(13, 20).

Т.2. Вычислить интеграл

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\cos x}{x^2 + 3ix + 4} dx.$$

II. Регулярные ветви многозначных функций. Разложение в ряды Тейлора и Лорана

§16: 4; 5; 7*.

§17*: 3; 4.

§18: 24; 25; 35; 36; 38*; 44*.

III. Вычисление интегралов от регулярных ветвей многозначных функций с помощью вычетов

§19: 8; 10; 24; 25*; 37; 42*.

§23: 5(2, 4, 8); 6(6, 7, 8).

IV. Принцип аргумента и теорема Руше

§15: 1(1, 3, 7, 8*).

Т.3. Найти число корней многочлена $4z^6 + 4z^3 + 9z - 4$ в круге $|z| < 1$.

42[8* (15)]

ТРЕТЬЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 09–14 декабря)

I. Конформные отображения

§27: 7(2); 8(2, 4).

§28: 5(рис.28.31, 28.34, 28.37, 28.43); 7; 10(рис.28.49, 28.53, 28.61);
11(рис.28.65); 13; 19(рис.28.71, 28.74, 28.80, 28.84, 28.85);
20(рис.28.89).

II. Принцип симметрии

§29: 3(рис.29.19, 29.22); 4*; 5; 6*(рис.29.30).

III. Задача Дирихле

Т.1. Решить классическую задачу Дирихле:

$$\Delta u = 0, \quad |z| < 1; \quad u|_{|z|=1} = \frac{\sin \varphi}{5 + 4 \cos \varphi}.$$

25[2* (9)]

Составитель задания

к. ф.-м. н., доцент А. А. Хасанов