МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| **Институт информационных технологий, математики и механики** |

(факультет / институт / филиал)

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | Гергель В.П. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

|  |
| --- |
| **Комплексный анализ динамических систем** |

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **бакалавриат** |

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

|  |
| --- |
| **01.03.01 Математика** |

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Математика (Общий профиль)** |

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **Бакалавр** |

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2017

1. **Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.01 «Комплексный анализ динамических систем» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП Математика по направлению подготовки «Общий профиль» и изучается в 8 семестре. Много интересных и красивых результатов в динамике связаны с комплексными функциями. В частности Метод Ньютона для комплексных функций и динамика квадратичного отображения приводят к интересной математике, так же как красивым иллюстрациям. Так известное множество Мандельброта глубоко связано с динамикой квадратичного отображения. Изучение методов комплексной динамики весьма полезно. Во-первых, изучаемые элементы комплексной динамики являются к настоящему времени классическими, фундаментальными результатами современной математики, нашедшими приложения в самых различных ее областях. И, во-вторых, при изучении комплексной динамики существенно применяются многие наиважнейшие результаты из таких освоенных ранее дисциплин фундаментальной математики, относящихся к базовой части профессионального цикла, как математический анализ, теория функций комплексного переменного, функциональный анализ, дифференциальные уравнения. Никакие особые требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающихся, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин, не предусматриваются. Знания, полученные при освоении данной дисциплины, будут полезными при освоении учебных дисциплин в магистратуре, связанных по тематике с динамическими системами.

**Целью освоения дисциплины (модуля)** «Комплексный анализ динамических систем» является возможность эффективного применения современных достижений комплексной динамики в теории динамических систем. В частности, освоение указанной дисциплины предполагает достаточно детальное изучение основ топологии, теории функций комплексного переменного и динамических систем с последующим применением этих знаний к решению современных задач качественной теории дифференциальных уравнений и теории бифуркаций.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции**  (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций** |
| ОПК-1 – готовность использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, линейной алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений и уравнений в будущей профессиональной деятельности  Завершающий этап | *У1 (ОПК-1)* ***Уметь***использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности  *З1 (ОПК-1)* ***Знать***фундаментальные понятия в различных областях математики  *В1 (ОПК-1)* ***Владеть*** опытом использования фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности |
| ПК-3 –способностью строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата  Завершающий этап | *У1 (ПК-3)* ***Уметь***строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата  *З1 (ПК-3)* ***Знать***основные принципы строгого доказательства утверждения  *В1 (ПК-3)* ***Владеть***навыками формулирования результатов и следствий из них |

1. **Структура и содержание дисциплины (модуля) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 46 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (22 часа занятия лекционного типа, 22часа практические занятия, 2 часа промежуточной аттестации), 98 часов составляет самостоятельная работа обучающегося (в т.ч. 36 часов подготовки к экзамену).

Содержание дисциплины (модуля)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Всего**  **(часы)** | | В том числе | | | | | | | | | | | | | |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | | | | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы** | | |
| **Занятия лекционного типа** | | **Занятия семинарского типа** | | | **Занятия лабораторного типа** | |  | | **Всего** | |
| Очная | Заочная | Очная | Заочная | Очная | Заочная | Очная | | Заочная |  |  | Очная | Заочная | | Очная | Заочная |
| Тема 1  Введение в дисциплину. | 14 |  | 2 |  | 2 |  |  | |  |  |  | 4 |  | | 10 |  |
| Тема 2  Периодические точки и устойчивые множества. Графический анализ | 14 |  | 2 |  | 2 |  |  | |  |  |  | 4 |  | | 10 |  |
| Тема 3  Теорема Шарковского | 18 |  | 4 |  | 4 |  |  | |  |  |  | 8 |  | | 10 |  |
| Тема 4  Параметрические семейства функций и бифуркации | 14 |  | 2 |  | 2 |  |  | |  |  |  | 4 |  | | 10 |  |
| Тема 5  Логистическая функция | 14 |  | 2 |  | 2 |  |  | |  |  |  | 4 |  | | 10 |  |
| Тема 6  Метод Ньютона | 14 |  | 2 |  | 2 |  |  | |  |  |  | 4 |  | | 10 |  |
| Тема 7  Динамика комплексных функций | 16 |  | 3 |  | 3 |  |  | |  |  |  | 6 |  | | 10 |  |
| Тема 8  Квадратичное семейство и множество Мандельброта | 18 |  | 2 |  | 2 |  |  | |  |  |  | 4 |  | | 14 |  |
| Тема 9  Локальная геометрия множества Фату | 20 |  | 3 |  | 3 |  |  | |  |  |  | 6 |  | | 14 |  |
| В т.ч. текущий контроль | 2 |  |  |  | 2 |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |
| **Промежуточная аттестация - экзамен** | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. **Образовательные технологии**

Форма занятий: лекции, практические занятия. При проведении лекций используются как традиционные формы, так и нетрадиционные (проблемные лекции, лекции-визуализации), часть практических занятий отводится под спецпрактикумы. Особое место в изучении данной дисциплины занимает самостоятельная работа (тренировочная, реконструктивная, творческая). При самостоятельной работе и при подготовке к экзамену студенты могут воспользоваться указанной литературой.

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

Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам, монографиям и учебным пособиям, указанным в списке литературы, решении практических задач, ответах на вопросы самоконтроля.

Контроль самостоятельной работы – собеседование, домашние задания.

В частности, важной составляющей изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся при подготовке к практическим занятиям по дисциплине с целью их наиболее эффективного проведения. При этой подготовке обучающиеся дополнительно самостоятельно изучают те разделы теоретического материала, которые являются базовыми. Это дополнительное самостоятельное изучение, прежде всего, основано на углубленном самостоятельном изучении соответствующих разделов книг, учебно-методических пособий приведенных в списках основной и дополнительной литературы. Кроме того, при указанном дополнительном самостоятельном изучении можно использовать и доступные ресурсы сети Интернет, так как они являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемому материалу. Одними из возможных ресурсов для этой цели являются те, которые указаны в списке программного обеспечения и Интернет-ресурсов ниже в разделе **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

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

включающий:

Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

*ОПК-1:*готовность использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, линейной алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений и уравнений в будущей профессиональной деятельности

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикаторы  компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
| «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| Знания  *Знать* фундаментальные понятия в различных областях математики | Отсутствие знаний материала | Наличие грубых ошибок в основном материале | Знание основного материала с рядом негрубых ошибок | Знание основного материала с рядом заметных погрешностей | Знание основного материала с незначительными погрешностями | Знание основного материала без ошибок и погрешностей | Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей |
| Умения  *Уметь* использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Полное отсутствие умения использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Отсутствие умения использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Умение использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Умение использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности  при наличии незначительных ошибок | Умение хорошо использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Умение максимально использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Умение на высоком математическом уровне использовать фундаментальные знания в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности |
| Навыки  *Владеть*  опытом использования фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Полное отсутствие навыков применения фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Отсутствие навыков применения фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Наличие минимальных навыков применения фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Посредственное  владение опытом фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Достаточное владение опытом фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Хорошее владение опытом фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности | Всестороннее владение опытом фундаментальных знаний в различных областях математики в будущей профессиональной деятельности |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 20 % | 20 – 50 % | 50 – 70 % | 70-80 % | 80 – 90 % | 90 – 99 % | 100% |

*ПК-3:*способностью строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикаторы  компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
| «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| Знания  *Знать*основные принципы строгого доказательства утверждения | Отсутствие знаний материала | Наличие грубых ошибок в основном материале | Знание основного материала с рядом негрубых ошибок | Знание основного материалом с рядом заметных погрешностей | Знание основного материала с незначительными погрешностями | Знание основного материала без ошибок и погрешностей | Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей |
| Умения  *Уметь* строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата | Полное отсутствие умения строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата | Отсутствие умения строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата | Умение строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результатапри наличии существенных ошибок | Умение строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результатапри наличии незначительных ошибок | Умение строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата | Умение строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата, продемонстрировав хорошую математическую подготовку | Умение на высоком математическом уровне строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата |
| Навыки  *Владеть*навыками формулирования результатов и следствий из них | Полное отсутствие навыков формулирования результатов и следствий из них | Отсутствие навыков формулирования результатов и следствий из них | Наличие минимальных навыков формулирования результатов и следствий из них | Посредственное  владение навыками формулирования результатов и следствий из них | Достаточное владение навыками формулирования результатов и следствий из них | Хорошее владение навыками формулирования результатов и следствий из них | Всестороннее владение навыками формулирования результатов и следствий из них |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий | 0 – 20 % | 20 – 50 % | 50 – 70 % | 70-80 % | 80 – 90 % | 90 – 99 % | 100% |

* 1. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

* уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
* уровень понимания студентами изученного материала
* способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен включает устную и письменную часть. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение задачи.

|  |  |
| --- | --- |
| **Оценка** | **Уровень подготовки** |
| Превосходно | Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, полностью справился с решением предложенных в билете задач. Студент активно работал на практических занятиях.  100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий |
| Отлично | Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дал полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета, полностью справился с решением предложенных в билете задач. Студент активно работал на практических занятиях.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше |
| Очень хорошо | Хорошая подготовка. Студент дал ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях и формулировках теорем, утверждений и т.п.  Студент активно работал на практических занятиях.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%. |
| Хорошо | В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дал полный ответ на все теоретические вопросы билета, но имеются неточности в определениях и формулировках теорем, утверждений и т.п. Допускаются ошибки при ответах на дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора. Студент работал на практических занятиях.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%. |
| Удовлетворительно | Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, делает существенные ошибки при решении задач, но при ответах на наводящие вопросы, может правильно сориентироваться и в общих чертах дать правильный ответ или предложить другой путь решения задачи. Студент посещал практические занятия.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%. |
| Неудовлетворительно | Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%. |
| Плохо | Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы. Студент отсутствовал на большинстве лекций и практических занятий.  Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %. |

* 1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

***Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:***

*- устные и письменные ответы на вопросы.*

***Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:***

*- практические контрольные задания, включающих одну или несколько задач (вопросов)*

**Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются**:

*-* устный опрос, решение практических задач

***Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:***

*-* индивидуальное собеседование,

- письменные ответы на вопросы*.*

***Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:***

*-* практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить.

* 1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Варианты контрольных вопросов** для проведения промежуточной аттестации и экзамена (принимаются неформализованные ответы, правильность которых оценивается преподавателем). Вопросы для контроля составляются в соответствии с содержанием курса.

Компетенции ОПК-1, ПК-3

1. Понятие отображения Римана.

2. Теорема Монтеля.

3. Понятие гиперболической метрики.

4. Квазиконформные отображения.

5. Сингулярный интегральный оператор.

6. Уравнение Бельтрами.

7. Классификация неподвижных точек.

8. Притягивающие неподвижные точки.

**Варианты вопросов для собеседования:**

**Компетенции ОПК-1, ПК-3**

1. Односвязные Римановы поверхности

2. Универсальные накрытия и метрика Пуанкаре

3. Нормальные семейства

4. Динамика на римановой сфере

5. Динамика на гиперболических поверхностях

**Варианты экзаменационных билетов:**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет

им. Н.И. Лобачевского

Институт/факультет ИИТММ

Кафедра МФиОУ

Дисциплина Комплексный анализ динамических систем

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Понятие отображения Римана.
2. Дано отображение . Построить множество Жюлиа.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Экзаменатор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Теорема Монтеля.
2. Дано отображение . Построить множество Жюлиа.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Экзаменатор\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

b) Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

а) основная литература:

1. Коснёвски Ч. - Начальный курс алгебраической топологии. - М.: Мир, 1983. - 302 с. (20 экз.)
2. Шабат Б.В. – Введение в комплексный анализ: Ч.1. – М.: Наука, 1976. – 320 с. (21 экз.)
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. – Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1973. – 736 с. (37 экз.)

б) дополнительная литература:

1. Баутин Н.Н., Леонтович-Андронова Е.А. – Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. – М.:Наука, 1990. – 486 с. (10 экз.)
2. **Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

"Имеются в наличии учебные  
аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий  
семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего  
контроля, промежуточной аттестации, а также помещения для  
самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с  
возможностью подключения к сети «Интернет»".

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению (профилю) 01.03.01 Математика.

Автор Митрякова Т.М.

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_.