



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НР


Ахметова И.Г.
«28» октября 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.03. Вещественный, комплексный и функциональный анализ

(указывается индекс и наименование дисциплины согласно учебному плану в соответствии с ФГОС ВО)

Направление

подготовки

01.06.01 Математика и механика

Направленность

подготовки

01.01.01 Вещественный, комплексный и
функциональный анализ

Уровень высшего

образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация

(степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

г. Казань – 2020

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью изучения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков в области математических дисциплин, включая знания, умения, навыки и социально-личностные качества, обеспечивающие успешность научно-педагогической деятельности, воспитание высокой математической культуры.

Основными **задачами** изучения дисциплинами являются:

- Изучение основных принципов и методов теории вещественного, комплексного и функционального анализа.
- Формирование умений в области применения основных методов теории вещественного, комплексного и функционального анализа при решении проблем математического анализа.
- Получение практических навыков работы с методами теории вещественного, комплексного и функционального анализа.

В результате изучения дисциплины «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» аспирант должен овладеть следующими компетенциями:

Формируемые компетенции (код и формулировка компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Знать: основные принципы и методы теории вещественного, комплексного и функционального анализа, используемые при решении исследовательских и практических задач (З1) Уметь: критически анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (У1) Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (В1)
ПК-1 готовностью к исследованию в области теории алгебраических структур (полугрупп, групп, колец, полей, модулей)	Знать: основные понятия и основные утверждения теории вещественного, комплексного и функционального анализа (З1) Уметь: применять методы теории функций действительного переменного, комплексного переменного и функционального анализа к решению теоретических и прикладных задач и к доказательству утверждений (У1) Владеть: основными методами доказательств утверждений вещественного, комплексного и

	функционального анализа (В1)
ПК-2 способностью к разработке и совершенствованию теоретических и методологических подходов в теории представлений, теории операторов, теории категорий и функторов	Знать: основные принципы и методы теории вещественного, комплексного и функционального анализа, используемые при решении исследовательских и практических задач (З1) Уметь: формулировать постановку теоретических и прикладных задач и подбирать подходящие методы для их решения (У1) Владеть: основными методами доказательств утверждений вещественного, комплексного и функционального анализа (В1)
ПК-3 способностью различным образом представлять и адаптировать математические знания в области профессиональной деятельности с учетом уровня аудитории	Знать: основные принципы и методы теории вещественного, комплексного и функционального анализа, используемые при решении исследовательских и практических задач (З1) Уметь: формулировать постановку теоретических и прикладных задач и подбирать подходящие методы для их решения, анализировать полученные результаты и представлять их в виде законченных разработок (отчета, тезисов, докладов, научной статьи и т.п.) (У1) Владеть: основными методами доказательств утверждений вещественного, комплексного и функционального анализа (В1)

2 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» относится к циклу обязательных дисциплин. Дисциплина преподается на 4 курсе. Дисциплина базируется на знаниях и умениях, приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин ОПП подготовки магистров и специалистов:

1. Математический анализ;
2. Функциональный анализ;
3. Теория функций комплексного переменного;

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, используются при выполнении научно-исследовательской работы аспиранта и диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Структура дисциплины

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов. Практическая подготовка по виду профессиональной деятельности составляет 10 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	семестры	
		7	8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	180	108	72

АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:	72	36	36
Лекции (Лк)		18	18
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)		18	18
Лабораторные работы (ЛР)			
и(или) другие виды аудиторных занятий			
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	72	72	
Подготовка к экзамену	36		36
ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (З – зачет, Э – экзамен)		3	Э

3.2. Содержание разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часов на раздел	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лк	ПЗ	ЛР	КСР	Самост. работа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Теория функций действительного переменного	22	7	6	6			10	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
2	Теория функций комплексного переменного	32	7	8	8			16	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
3	Функциональный анализ	54	7	4	4			46	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
	Промежуточная аттестация								Зачёт
	Итого за семестр	108		18	18			72	
3	Функциональный анализ	36	8	18	18				
	Промежуточная аттестация	36							Экзамен
	Итого за семестр	72		18	18				
	Итого за дисциплину	180		36	36			72	

3.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Теория функций действительного переменного

Меры измеримых функций, интеграл. Аддитивность функций множеств (меры), счетная аддитивность мер. Конструкция лебеговского продолжения. Измеримые функции. Сходимость функций по мере и почти всюду. Теоремы Егорова и Лузина. Интеграл Лебега. Предельный переход под знаком интеграла. Сравнение интегралов Лебега и Римана. Прямые продолжения мер. Теорема Фубини.

Неопределенный интеграл Лебега и теория дифференцирования. Дифференцируемость монотонной функции почти всюду. Функции с ограниченной вариацией. Производная неопределенного интеграла Лебега. Задача восстановления функции по ее производной. Абсолютно непрерывные функции. Теорема Радона-Никодима. Интеграл Стильбеса.

Пространства суммируемых функций и ортогональные ряды. Пространства L_p , их полнота. Полные и замкнутые системы функций. Ортонормированные системы в L_2 и равенство Парсеваля. Ряды по ортогональным системам. Теорема Мерсера о стремлении к нулю коэффициентов Фурье суммируемой функции в случае равномерно ограниченной ортонормированной системы.

Тригонометрические ряды. Преобразование Фурье. Представление функций сингулярными интегралами. Единственность разложения функции в тригонометрический ряд. Преобразование Фурье интегрируемых и квадратично интегрируемых функций. Свойство единственности для преобразования Фурье. Теорема Планшереля. Преобразование Лапласа. Преобразование Фурье-Стилльбеса.

Раздел 2. Теория функций комплексного переменного

Интегральные представления аналитических функций. Интегральная теорема Коши и ее обращение (теорема Мореры). Интегральная формула Коши. Теорема о среднем. Принцип максимума модуля. Лемма Шварца. Интеграл типа Коши, его предельные значения. Формулы Сохоцкого. Ряды аналитических функций. Особые точки. Вычеты. Равномерно сходящиеся ряды аналитических функций; теорема Вейерштрасса. Представление аналитических функций степенными рядами, неравенства Коши. Нули аналитических функций. Теорема единственности. Изолированные особые точки. Теорема Коши о вычетах. Вычисление интегралов с помощью вычетов. Принцип аргумента. Приближение аналитических функций многочленами.

Целые и мероморфные функции. Рост целой функции. Порядок и тип. Теорема Вейерштрасса о целых функциях с заданными нулями; разложение целой функции в бесконечное произведение. Случай целых функций конечного порядка, теорема Адамара. Теорема Миттаг-Леффлера о мероморфных функциях с заданными полюсами и главными частями.

Свойства конформных отображений. Конформные отображения, осуществляемые элементарными функциями. Принцип сохранения области. Критерии однолиственности. Теорема Римана. Теоремы о соответствии границ

при конформных отображениях. Аналитическое продолжение. Аналитическое продолжение и полная аналитическая функция (в смысле Вейерштрасса). Понятие римановой поверхности. Продолжение вдоль кривой. Теорема о монодромии. Изолированные особые точки аналитических функций, точки ветвления бесконечного порядка. Принцип симметрии. Формула Кристоффеля–Шварца. Модулярная функция. Нормальные свойства функций. Нормальные семейства функций, критерий нормальности. Теорема Пикара. Гармонические функции, их связь с аналитическими. Инвариантность гармоничности при конформной замене переменных. Бесконечная дифференцируемость гармонических функций. Теорема о среднем и принцип максимума. Теорема единственности. Задача Дирихле. Формула Пуассона для круга.

Раздел 3. Функциональный анализ

Метрические и топологические пространства. Сходимость последовательностей в метрических пространствах. Полнота и пополнение метрических пространств. Сепарабельность. Принцип сжимающих отображений. Компактность множеств в метрических и топологических пространствах.

Линейные пространства. Выпуклые множества и выпуклые функционалы, теорема Хана-Банаха. Отделимость выпуклых множеств. Линейные нормированные пространства. Банаховы пространства. Линейные ограниченные операторы в банаховых пространствах. Теорема Банаха—Штейнгауза о равномерной ограниченности последовательностей линейных ограниченных операторов, теорема об открытом отображении. Сопряженное пространство и сопряженный оператор. Критерии компактности множеств в пространствах $C[a,b]$ и $L_p[a,b]$.

Линейные топологические пространства. Полунормы и локальная выпуклость. Метризация линейного топологического пространства. Слабые топологии. Компактные выпуклые множества. Гильбертовы пространства и линейные операторы в них. Изоморфность сепарабельных гильбертовых пространств. Функциональное исчисление для самосопряженных операторов и спектральная теорема. Диагонализация компактных самосопряженных операторов. Неограниченные операторы.

Дифференциальное исчисление в линейных пространствах. Дифференцирование в линейных пространствах. Сильный и слабый дифференциалы. Производные и дифференциалы высших порядков. Экстремальные задачи для дифференцируемых функционалов. Метод Ньютона. Обобщенные функции. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Дифференцирование, прямое произведение и свертка обобщенных функций. Обобщенные функции медленного роста: их преобразование Фурье. Преобразование Лапласа обобщенных функций (операционное исчисление). Структура обобщенных функций с компактным носителем.

3.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема практических (семинарских) занятий	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1.	Числовые и функциональные ряды. Теория меры Лебега. Пространства суммируемых функций и ортогональные ряды. Пространства L_p их полнота.	7	1	6
2.	Функции комплексного переменного. Непрерывность, дифференцируемость. Комплексное интегрирование. Ряды аналитических функций. Ряд Лорана.	7	2	4
3.	Особые точки. Вычеты. Принцип аргумента. Гармонические функции	7	2	4
4.	Теория множеств. Метрические и топологические пространства. Теорема Бэра. Компактные пространства. Нормированные и линейные топологические пространства. Гильбертовы пространства	7	3	4
5.	Линейные функционалы и линейные операторы. Теорема Хана-Банаха. Спектральная теорема. Производные Гато и Фреше	8	3	4
6.	Сопряженное пространство и сопряженный оператор. Линейные топологические пространства. Полунормы и локальная выпуклость. Метризация линейного топологического пространства. Слабые топологии.	8	3	4
7.	Гильбертовы пространства и линейные операторы в них. Проекторы, унитарные, изометрические и частично изометрические операторы.	8	3	4
8.	Операторы Теплица и алгебра Теплица. Изоморфность сепарабельных гильбертовых пространств. Функциональное исчисление для самосопряженных операторов и спектральная теорема. Диагонализация компактных самосопряженных операторов. Неограниченные операторы.	8	3	3
9.	Обобщенные функции. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Дифференцирование, прямое произведение и свертка обобщенных функций. Обобщенные функции медленного роста: их преобразование Фурье. Операционное исчисление	8	3	3
	Итого:	–	–	36

3.5. Лабораторные занятия учебным планом дисциплины не предусмотрены

3.6. Разделы дисциплины и связь с формируемыми компетенциями

№ п/п	Раздел дисциплины, участвующий в формировании компетенций	Часов на раздел	Компетенции				Количество компетенций
			УК-1	ПК-1	ПК-2	ПК-3	
1	Теория функций действительного переменного	22	З,У,В	З,У,В	З,У,В	З,У,В	4
2	Теория функций комплексного переменного	32	З,У,В	З,У,В	З,У,В	З,У,В	4
3	Функциональный анализ	54	З,У,В	З,У,В	З,У,В	З,У,В	4

Условные обозначения: З – знать, У – уметь, В – владеть.

3.7. Организация самостоятельной работы аспирантов

№ п/п	Тема самостоятельной работы	Семестр	Номер раздела лекционного курса	Продолжительность (часов)
1	2	3	4	5
1	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Числовые и функциональные ряды»	7	1	10
2	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Аналитические функции, ряд Лорана, вычеты»	7	2	8
3	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Конформные отображения»	7	2	8
4	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Метрические и топологические пространства»	7	3	6
5	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Полные метрические пространства»	7	3	6
6	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Компактные метрические пространства»	7	3	6
7	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Нормированные и топологические пространства»	7	3	6
8	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Геометрия гильбертова пространства»	7	3	6
9	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Линейные ограниченные операторы в нормированных пространствах»	7	3	10
10	Выполнение индивидуальных заданий по теме «Обратный оператор, спектр, резольвента»	7	3	6
	Итого:	–	–	72

4. Образовательные технологии

№ п/п	Раздел дисциплины	Компетенции	Образовательные технологии	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1	Теория функций действительного переменного	УК-1ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение доказательств	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
2	Теория функций комплексного переменного	ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение доказательств	Устный опрос Решение индивидуальных заданий
3	Функциональный анализ	ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув	Традиционные лекции, Решение задач, Обсуждение	Устный опрос Решение индивидуальных заданий

			доказательств	
4	Экзамен	ПК-1зув, ПК-2зув, ПК-3зув,	Письменная работа	

Используются электронные образовательные ресурсы (ЭОР), размещенные в личных кабинетах студентов Электронного университета КГЭУ, URL: <http://e.kgeu.ru/>.

5. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Типовые задания и материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в документе «Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов по итогам освоения дисциплины».

5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГЭУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении индивидуальных заданий в форме устного опроса. Текущему контролю подлежит посещаемость аспирантами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» является промежуточная аттестация в форме зачета, проводимая с учетом результатов текущего контроля в 7 семестре и экзамен в 8 семестре.

5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

Примерные вопросы для устного опроса

Вопросы к разделу 1.

1. Перечислите признаки сходимости числовых рядов
2. Определение ряда Фурье. Как находятся коэффициенты
3. Алгоритм приближенного вычисления интеграла при помощи рядов.
4. Теорема Егорова

5. Теорема Лузина
6. Сравнение интегралов Римана и Лебега
7. Пространство L_p , его полнота.
8. Определение и свойства меры
9. Измеримые множества
10. Измеримые функции

Вопросы к разделу 2.

1. Понятие аналитичности функции комплексного переменного
2. Дифференцируемость ФКП и производная
3. Интеграл от ФКП
4. Условия Коши-Римана
5. Конформное отображение
6. Ряд Лорана
7. Изолированные особые точки
8. Теорема Коши
9. Формула Коши-Адамара
10. Основная теорема теории вычетов

Вопросы к разделу 3.

1. Метрические и топологические пространства
2. Плотные подмножества и сепарабельные пространства.
3. Полнота и пополнение метрического пространства.
4. Компактные топологические пространства
5. Компактность и предкомпактность в метрических пространствах. Теорема Арцела.
6. Нормированные пространства
7. Теорема Хана-Банаха в нормированных пространствах.
8. Спектральная теорема Фредгольма.
9. Линейные операторы в нормированных пространствах
10. Функционалы в нормированных пространствах
11. Вполне непрерывные операторы в банаховых пространствах
12. Гильбертово пространство
13. Теорема Банаха-Алаоглу
14. Теорема Банаха-Штейнгауза
15. Теорема Бэра
16. Теорема Гельфанда
17. Теорема Гельфанда-Наймарка
18. Теорема Лебега

19. Теорема Лиувилля о неподвижной точке
20. Теорема Хаусдорфа
21. Теорема Рисса
22. Теоремы Фредгольма
23. Теорема Урысона
24. Теорема Тихонова

5.3. Типовые задания и вопросы для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к зачету

11. Признаки сходимости числовых рядов.
12. Определение ряда Фурье. Как находятся коэффициенты
13. Алгоритм приближенного вычисления интеграла при помощи рядов.
14. Теорема Егорова
15. Теорема Лузина
16. Сравнение интегралов Римана и Лебега
17. Пространство L_p , его полнота.
18. Определение и свойства меры
19. Измеримые множества
20. Понятие аналитичности функции комплексного переменного
21. Дифференцируемость ФКП и производная
22. Интеграл от ФКП
23. Условия Коши-Римана
24. Конформное отображение
25. Ряд Лорана
26. Изолированные особые точки
27. Теорема Коши
28. Формула Коши-Адамара
29. Основная теорема теории вычетов
30. Метрические и топологические пространства

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Действительный анализ

Аддитивные функции множеств (меры), счетная аддитивность мер. Конструкция лебеговского продолжения. Измеримые функции. Сходимость функций по мере и почти всюду. Теоремы Егорова и Лузина.

Интеграл Лебега. Предельный переход под знаком интеграла. Сравнение интегралов Лебега и Римана.

Прямые произведения мер. Теорема Фубини.

Дифференцируемость монотонной функции почти всюду. Функции с ограниченным изменением (вариацией). Производная неопределенного интеграла Лебега. Задача восстановления функции по ее производной.

Абсолютно непрерывные функции. Теорема Радона–Никодима. Интеграл Стильбеса.

Пространства суммируемых функций и ортогональные ряды. Неравенства Гельдера и Минковского. Пространства L_p , их полнота. Ортонормированные системы в L_2 и равенство Парсевалья.

Преобразование Фурье. Условие сходимости ряда Фурье. Представление функций сингулярными интегралами. Единственность разложения функции в тригонометрический ряд.

Преобразование Фурье интегрируемых и квадратично интегрируемых функций. Свойство единственности для преобразования Фурье. Теорема Планшереля. Преобразование Лапласа. Преобразование Фурье—Стилльбеса.

2. Комплексный анализ

Интегральная теорема Коши и ее обращение (теорема Мореры). Интегральная формула Коши. Теорема о среднем. Принцип максимума модуля. Лемма Шварца. Интеграл типа Коши, его предельные значения. Формулы Сохоцкого.

Равномерно сходящиеся ряды аналитических функций; теорема Вейерштрасса. Представление аналитических функций степенными рядами, неравенства Коши. Нули аналитических функций. Теорема единственности.

Изолированные особые точки (однозначного характера). Вычеты. Теорема Коши о вычетах. Вычисление интегралов с помощью вычетов.

Принцип аргумента. Теорема Руше. Приближение аналитических функций многочленами.

Рост целой функции. Порядок и тип. Теорема Вейерштрасса о целых функциях с заданными нулями; разложение целой функции в бесконечное произведение. Случай целых функций конечного порядка, теорема Адамара. Теорема Миттаг-Лефлера о мероморфных функциях с заданными полюсами и главными частями.

Конформные отображения, осуществляемые элементарными функциями. Принцип сохранения области. Критерии однолиственности. Теорема Римана. Теоремы о соответствии границ при конформных отображениях.

Аналитическое продолжение и полная аналитическая функция (в смысле Вейерштрасса). Понятие Римановой поверхности. Продолжение вдоль кривой. Теорема о монодромии. Изолированные особые точки аналитических функций, точки ветвления бесконечного порядка. Принцип симметрии. Формула Кристоффеля—Шварца. Модулярная функция. Нормальные семейства функций, критерий нормальности. Теорема Пикара.

3. Функциональный анализ

Сходимость последовательностей в метрических пространствах. Полнота и пополнение метрических пространств. Сепарабельность. Принцип сжимающих отображений. Компактность множеств в метрических и топологических пространствах.

Линейные пространства. Выпуклые множества и выпуклые функционалы, теорема Банаха–Хана. Отделимость выпуклых множеств. Нормированные пространства. Критерии компактности множеств в пространствах C и L_p .

Евклидовы пространства. Топологические линейные пространства.

Непрерывные линейные функционалы. Общий вид линейных ограниченных функционалов на основных функциональных пространствах. Сопряженное пространство.

Слабая топология и слабая сходимость.

Линейные операторы и сопряженные к ним. Пространство линейных ограниченных операторов. Спектр и резольвента. Компактные (вполне непрерывные) операторы. Теоремы Фредгольма.

Гильбертовы пространства и линейные операторы в них. Изоморфизм сепарабельных бесконечномерных гильбертовых пространств. Спектральная теория ограниченных операторов в гильбертовых пространствах.

Функциональное исчисление для самосопряженных операторов и спектральная теорема. Диагонализация компактных самосопряженных операторов. Неограниченные операторы.

Дифференциальное исчисление в линейных пространствах. Сильный и слабый дифференциалы. Производные и дифференциалы высших порядков. Экстремальные задачи для дифференцируемых функционалов. Метод Ньютона.

Обобщенные функции. Регулярные и сингулярные обобщенные функции. Дифференцирование, прямое произведение и свертка обобщенных функций. Обобщенные функции медленного роста; их преобразование Фурье.

Преобразование Лапласа обобщенных функций (операционное исчисление). Структура обобщенных функций с компактным носителем.

5.4. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Оценка результатов обучения по дисциплине «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по по 2-х балльной шкале на зачете и 4-х балльной шкале на экзамене.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля на зачете и экзамене считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины.

Оценка	Критерии
«зачтено»	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, правильные действия по применению полученных знаний на практике.
«не зачтено»	Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

Оценка	Критерии
«отлично»	Наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы
«хорошо»	Наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала
«удовлетворительно»	Наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, необходимость дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике

«неудовлетворительно»

Наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неточность ответов на дополнительные вопросы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература:

1. Люстерник, Л. А. Краткий курс функционального анализа: учебное пособие / Л. А. Люстерник, В. И. Соболев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2009. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-0976-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/245> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Власова, Е. А. Элементы функционального анализа: учебное пособие / Е. А. Власова, И. К. Марчевский. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1958-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/67481> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Спивак, М. Математический анализ на многообразиях: учебное пособие / М. Спивак. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2005. — 160 с. — ISBN 5-8114-0646-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/377> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Филимоненкова, Н. В. Конспект лекций по функциональному анализу: учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1821-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64343> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Филимоненкова, Н. В. Сборник задач по функциональному анализу: учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1822-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65041> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2. Дополнительная литература:

1. Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа: учебник / Г. М. Фихтенгольц. — 12-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020 — Часть 1 — 2020. — 444 с. — ISBN 978-5-8114-5338-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139261>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фихтенгольц, Г. М. Основы математического анализа: учебник / Г. М. Фихтенгольц. — 11-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020 — Часть 2 — 2020. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-5339-9. — Текст: электронный // Лань:

электронно-библиотечная система. — URL:<https://e.lanbook.com/book/139262>.
— Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гуревич, А. П. Сборник задач по функциональному анализу: учебное пособие / А. П. Гуревич, В. В. Корнев, А. П. Хромов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-1274-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3175>— Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.3. Электронно-библиотечные системы

1. ibooks.ru;
2. e.lanbook.com.

6.4. Программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (сертифицированная ФСТЭК)	Пользовательская операционная система	"ЗАО ""ТаксНет- Сервис"" №ПО-ЛИЦ 0000/2014 от 27.05.2014 Неискл. право. Бессрочно
2	Windows 10	Пользовательская операционная система	договор № Tr096148 от 29.09.2020, лицензиар - ООО "Софтлайн трейд", тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - до 14.09.2021
3	Браузер Chrome	Система поиска и просмотра информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	Office Professional Plus 2007	Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	Договор № 225/ 10, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно
5	Office Standard Russian OLP AcademicEdition+ 2007 NL	Пакет программных продуктов, содержащий в себе необходимые офисные программы	договор №21/2010 от 04.05.2010, лицензиар - ЗАО «Софт Лайн Трейд», тип (вид) лицензии - неискл. право, срок действия лицензии - бессрочно

6.5. Интернет-ресурсы

№п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес
1	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/
2	Общероссийский математический портал	http://www.mathnet.ru/
3	Национальная электронная библиоотека (НЭБ)	https://rusneb.ru/
4	КиберЛенинка	https://cyberleninka.ru/
5	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
6	Электронная библиотека диссертаций (РГБ)	diss.rsl.ru
7	Springer	www.springer.com
8	American Mathematical Society	www.ams.org
9	Russian Science Citation Index (RSCI)	clarivate.ru
10	Scopus	www.scopus.com
11	Web of Science	https://webofknowledge.com/
12	zbMATH	www.zbmath.org

6.6. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1.	Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/	Свободный
2.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru/	Свободный
3.	Президентская библиотека имени Бориса Николаевича Ельцина	http://prlib.ru	Свободный
4.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	Свободный
5.	Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации	https://vak.minobrnauki.gov.ru/main	Свободный
6.	Президент России — молодым ученым - Science-ID	https://scienceid.net/president/	Свободный
7.	МБД Scopus	https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic	Свободный с компьютеров университета
8.	МБД Web of Science	https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_in	Свободный с компьютеров

		put.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=D6cTknVCLV7j48sfzSo&preferencesSaved=	университета
9.	Портал РФФИ	https://www.rfbr.ru/rffi/ru/	Свободный

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п.п.	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Помещение для проведения занятий лекционного типа	ноутбук переносной, комплект специализированной мебели
2	Практические занятия	Помещение для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	ноутбук переносной, комплект специализированной мебели
3	Самостоятельная работа обучающихся	Помещение для самостоятельной работы В-600а	моноблок (30 шт.), система видеонаблюдения (6 видеокamer), проектор, экран, комплект специализированной мебели
		Помещение для самостоятельной работы Читальный зал	проектор, переносной экран, компьютеры (5 шт.), тонкие клиенты (13 шт.), комплект специализированной мебели

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
 - педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
 - действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
 - печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
 - обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
 - предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).
- Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки аспирантов 01.06.01 «Математика и механика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. №866.

Автор  д-р физ.-мат. н., проф. С.А. Григорян
 к.ф.-м.н., Т.Н. Панкратьева

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры ВМ от 14.10.2020 г., протокол № 18.

Зав. кафедрой ВМ  д-р физ.-мат. н., проф. С.А. Григорян

На заседании методического совета ИЦТЭ от 26.10.2020г., протокол № 2 программа рекомендована к утверждению.

Директор ИЦТЭ  д. пед.н., доцент Ю.В. Торкунова

