

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Функциональный анализ Б1.Б.19

Направление подготовки: 02.03.01 - Математика и компьютерные науки

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Гумеров Р.Н.

Рецензент(ы):

Насыров С.Р., Гарифьянов Фархат Нургаязович

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Насыров С. Р.

Протокол заседания кафедры No ___ от "___" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No ___ от "___" _____ 201__ г

Регистрационный No 817215519

Казань
2019

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Гумеров Р.Н. Кафедра математического анализа отделение математики , Renat.Gumerov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Функциональный анализ" являются: получение базовых знаний по функциональному анализу: меры на системах множеств, продолжение меры с полукольца на кольцо, измеримые по Лебегу множества, мера Лебега, множества лебеговой меры нуль, мера Лебега-Стилтьеса, описание мер на борелевской алгебре числовой прямой, абсолютно непрерывные и сингулярные меры, измеримые функции, различные типы сходимости, конструкция интеграла Лебега и его свойства, теоремы о предельном переходе под знаком интеграла, заряды, меры в произведениях множеств, метрические пространства, пополнение метрического пространства, теоремы о вложенных шарах и Бэра, принцип сжимающих отображений и его применения, вполне ограниченные, компактные и предкомпактные множества в метрических пространствах, непрерывные функции на компактных пространствах, нормированные и банаховы пространства, линейные операторы и функционалы в нормированных пространствах, основные принципы линейного анализа (теоремы Хана-Банаха, Банаха-Штейнгауза, Банаха), предгильбертовы и гильбертовы пространства, их изоморфизмы, теорема Рисса об общем виде линейного функционала в гильбертовом пространстве, билинейные формы и их связь с операторами, сопряженные, самосопряженные, унитарные операторы, алгебра операторов в гильбертовом пространстве, ортопроекторы, конечномерные и компактные операторы, резольвента и спектр ограниченного оператора, строение спектра компактного оператора (теорема Рисса-Шаудера), спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора, приложения к уравнениям Фредгольма (теоремы Фредгольма), интегральные уравнения с симметрическим ядром, производные Гато и Фреше отображения, теорема о неявной функции и ее применения, локальный экстремум функционала и условия его существования, понятие интеграла от вектор-функции со значениями в банаховом пространстве, формулы Лагранжа и Тейлора. При освоении дисциплины вырабатывается общематематическая культура: умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями, применять полученные знания для решения задач, связанных с приложениями методов функционального анализа в механике, физике и в других областях естествознания.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.19 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 02.03.01 Математика и компьютерные науки и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла.

Получаемые знания необходимы для понимания и освоения курсов теории вероятностей, математической статистики, методов оптимизации, а также профильных дисциплин направления математики.

Слушатели должны владеть знаниями по дисциплинам математический анализ, алгебра.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	Способен самостоятельно представлять научные результаты, составлять научные документы и отчеты

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия и результаты по функциональному анализу (полные метрические и нормированные пространства, принцип сжимающих отображений, ограниченные линейные операторы и функционалы в нормированных пространствах, основные принципы линейного анализа, свойства компактных операторов в гильбертовых пространствах, спектральная теорема для компактного самосопряжённого оператора, теоремы Фредгольма, обобщенные функции, производные Гато и Фреше, теорема о неявной функции, условия существования экстремумов функционалов).

2. должен уметь:

Уметь применять принцип сжимающих отображений для доказательства существования и единственности решения функциональных уравнений, систем линейных уравнений, интегральных уравнений в основных функциональных пространствах. Уметь вычислять нормы ограниченных линейных функционалов и операторов

Уметь применять теорию операторов для исследования операторных уравнений.

3. должен владеть:

методами линейного анализа, теории компактных операторов в гильбертовом пространстве.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

1. Знать: основные понятия и результаты по функциональному анализу (полные метрические и нормированные пространства, принцип сжимающих отображений, ограниченные линейные операторы и функционалы в нормированных пространствах, основные принципы линейного анализа, свойства компактных операторов в гильбертовых пространствах, спектральная теорема для компактного самосопряжённого оператора, теоремы Фредгольма, обобщенные функции, производные Гато и Фреше, теорема о неявной функции, условия существования экстремумов функционалов).

2. Уметь применять принцип сжимающих отображений для доказательства существования и единственности решения функциональных уравнений, систем линейных уравнений, интегральных уравнений в основных функциональных пространствах. Уметь вычислять нормы ограниченных линейных функционалов и операторов

3. Владеть: методами линейного анализа, теории компактных операторов в гильбертовом пространстве.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных(ые) единиц(ы) 252 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 семестре; экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Полные метрические пространства. Компактность и предкомпактность. Принцип сжимающих отображений.	6	1-7	12	12	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Нормированные и банаховы пространства. Линейные операторы и функционалы. Основные принципы линейного анализа	6	8-13	12	12	0	Контрольная работа
3.	Тема 3. Ограниченные линейные операторы в гильбертовом пространстве	6	13-18	12	12	0	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора. Уравнения с компактными операторами. Теоремы Фредгольма.	7	1-14	14	28	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Элементы теории обобщенных функций	7	15-16	2	4	0	Контрольная работа
6.	Тема 6. Элементы нелинейного анализа в нормированных пространствах.	7	17-18	2	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			54	72	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Полные метрические пространства. Компактность и предкомпактность. Принцип сжимающих отображений.

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Полные метрические пространства. Теорема о пополнении и его единственности с точностью до изометрии. Принцип вложенных шаров. Теоремы Бэра. Компактность и предкомпактность. Эпсилон-сети. Вполне ограниченные множества и пространства. Критерий предкомпактности. Сепарабельные пространства. Принцип сжимающих отображений для полного метрического пространства. Приложения

практическое занятие (12 часа(ов)):

Насыров С.Р. Метрические и линейные нормированные пространства. 'Задачи к лабораторным занятиям по курсу 'Функциональный анализ и интегральные уравнения', Казань: КГУ, 1998. 31 с http://kpfu.ru//staff_files/F1714458496/FA_exercises.pdf Задачи с 1.1 по 5.10

Тема 2. Нормированные и банаховы пространства. Линейные операторы и функционалы. Основные принципы линейного анализа

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Нормированные и банаховы пространства. Конечномерные нормированные пространства. Их полнота. Эквивалентность норм. Единственность нормированной топологии. Элемент наилучшего приближения. Его существование относительно конечномерного подпространства. Шкала абсолютно интегрируемых функций на пространствах с мерой. Интегральные неравенства Гельдера и Минковского. Операции над банаховыми пространствами. Прямая сумма. Фактор-пространство. Линейные операторы и функционалы. Непрерывность и ограниченность. Нормированное пространство линейных ограниченных операторов из одного нормированного пространства в другое. Обратимые операторы. Пополнение нормированного пространства. Сопряженное пространство. Продолжение ограниченных линейных операторов по непрерывности. Основные принципы линейного анализа. Теорема Хана-Банаха и следствия. Теорема Банаха-Штейнгауза. Теорема Банаха об открытом отображении. Теорема о замкнутом графике. Второе сопряженное пространство.

практическое занятие (12 часа(ов)):

Насыров С.Р. Метрические и линейные нормированные пространства. 'Задачи к лабораторным занятиям по курсу 'Функциональный анализ и интегральные уравнения', Казань: КГУ, 1998. 31 с http://kpfu.ru//staff_files/F1714458496/FA_exercises.pdf Задачи с 6.1 по 8.10; 10.1-13.9

Тема 3. Ограниченные линейные операторы в гильбертовом пространстве

лекционное занятие (12 часа(ов)):

Унитарные и гильбертовы пространства. Теорема об элементе наилучшего приближения. Теорема об ортогональном разложении. Ортогональные суммы гильбертовых пространств. Размерность гильбертова пространства. Ортонормированный базис. Сепарабельность. Изоморфность. Ограниченные линейные функционалы на гильбертовом пространстве. Теорема Рисса. Ограниченные линейные операторы в гильбертовом пространстве. Билинейные формы и связь с операторами. Сопряженный оператор. Алгебра ограниченных операторов на гильбертовом пространстве. Ортопроекторы. Унитарные операторы. Конечномерные операторы.

практическое занятие (12 часа(ов)):

Насыров С.Р. Метрические и линейные нормированные пространства. 'Задачи к лабораторным занятиям по курсу 'Функциональный анализ и интегральные уравнения', Казань: КГУ, 1998. 31 с http://kpfu.ru/staff_files/F1714458496/FA_exercises.pdf Задачи с 9.1 по 9.12

Тема 4. Спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора. Уравнения с компактными операторами. Теоремы Фредгольма.

лекционное занятие (14 часа(ов)):

Компактные операторы. Свойства компактных операторов в гильбертовом пространстве. Интегральные компактные операторы. Спектр и резольвента. Спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора. Уравнения с компактными операторами. Теоремы Фредгольма.

практическое занятие (28 часа(ов)):

Насыров С.Р. Метрические и линейные нормированные пространства. 'Задачи к лабораторным занятиям по курсу 'Функциональный анализ и интегральные уравнения', Казань: КГУ, 1998. 31 с http://kpfu.ru/staff_files/F1714458496/FA_exercises.pdf Задачи с 14.1 по 14.7

Тема 5. Элементы теории обобщенных функций

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Сведения из топологии о топологических векторных пространствах. Пространства основных функций и их отображения. Операции над обобщенными функциями. Простейшие дифференциальные уравнения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

-- Свойства топологии топологических векторных пространствах. -- свойства преднормы -- свойства полинормированных пространств -- свойства пространств основных функций -- отображения пространств основных функций -- Дельта функция Дирака. -- Операции над обобщенными функциями. -- Простейшие дифференциальные уравнения.

Тема 6. Элементы нелинейного анализа в нормированных пространствах.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Дифференцирование в нормированных пространствах. Формулы Лагранжа и Тэйлора. Теорема о неявной функции и некоторые ее применения.

практическое занятие (4 часа(ов)):

-- Дифференцирование в нормированных пространствах. -- Производная Фреше -- свойства производной. -- Необходимое условие локального экстремума. -- Оценочная формула Лагранжа. -- Интеграл от вектор-функции. -- Производные высших порядков. -- Формула Тэйлора. -- Теорема о неявной функции -- применения теорем

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Полные метрические пространства. Компактность и предкомпактность. Принцип сжимающих отображений.	6	1-7	подготовка домашнего задания	24	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Нормированные и банаховы пространства. Линейные операторы и функционалы. Основные принципы линейного анализа	6	8-13	подготовка к контрольной работе	24	Контрольная работа
3.	Тема 3. Ограниченные линейные операторы в гильбертовом пространстве	6	13-18	подготовка домашнего задания	24	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора. Уравнения с компактными операторами. Теоремы Фредгольма.	7	1-14	Изучение лекций и литературы, выполнение домашних заданий	28	домашнее задание
5.	Тема 5. Элементы теории обобщенных функций	7	15-16	Изучение лекций и литературы, выполнение домашних заданий	2	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	4	Контрольная работа
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
6.	Тема 6. Элементы нелинейного анализа в нормированных пространствах.	7	17-18			
	Итого				108	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, лабораторные занятия, контрольные работы, зачет и экзамен. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому лабораторному занятию. В каждом семестре проводятся контрольные работы (на лабораторных занятиях). Зачет выставляется по положительным результатам выполнения контрольных работ и самостоятельной работы в течение семестра, а также успешной сдачи теоретического материала по прилагаемой программе. К экзамену допускаются студенты, показавшие положительные результаты по текущей работе в течение семестра.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Полные метрические пространства. Компактность и предкомпактность. Принцип сжимающих отображений.

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

- С помощью принципа сжимающих отображений доказать существование решения уравнения --Найти приближенное решение уравнения --Оценить сходимость приближенного решения уравнения . -- Вычислить норму линейного функционала. --Вычислить норму линейного оператора. -- Доказать топологические и метрические свойства пространств, -- Доказать топологические и метрические свойства операторов -- Доказать полноту метрического пространства \mathcal{L}_1 . -- Доказать сепарабельность метрического пространства \mathcal{L}_1 . -- Используя принцип сжимающих отображений показать, что система линейных уравнений $\begin{cases} x=0.5y+1 \\ y=0.25x-2 \end{cases}$ в вещественной плоскости имеет единственное решение и укажите приближенный метод ее решения. -- Доказать эквивалентность норм в пространстве. --Вычислить норму оператора сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей.

Тема 2. Нормированные и банаховы пространства. Линейные операторы и функционалы. Основные принципы линейного анализа

Контрольная работа , примерные вопросы:

-- Доказать эквивалентность норм в пространстве. --Вычислить норму оператора правого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве непрерывных функций. --Вычислить норму оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве в последовательностей -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве дифференцируемых функций функций

Тема 3. Ограниченные линейные операторы в гильбертовом пространстве

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

- Проверить, задается ли норма с помощью скалярного произведения --Вычислить норму оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве в последовательностей -- Выполнить процесс ортогонализации

Тема 4. Спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора. Уравнения с компактными операторами. Теоремы Фредгольма.

домашнее задание , примерные вопросы:

-найти спектр оператора, задаваемого интегралом -Вычислить норму оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. Вычислить норму оператора правого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. --найти спектр оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей --найти спектр оператора правого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -разобрать спектральную теорему для компактного самосопряженного оператора --приложения к уравнениям -- интегральные уравнения с симметрическим ядром

Тема 5. Элементы теории обобщенных функций

домашнее задание , примерные вопросы:

производные Гато и Фреше отображения, теорема о неявной функции и ее применения, локальный экстремум функционала и условия его существования, понятие интеграла от вектор-функции со значениями в банаховом пространстве, формулы Лагранжа и Тейлора Достаточное условие локального экстремума функционалов.

Контрольная работа , примерные вопросы:

-найти производную -локальный экстремум функционала -интеграл от вектор функции
--формула Лагранжа -формула Тейлора

контрольная работа , примерные вопросы:

Итоговая контрольная. - С помощью принципа сжимающих отображений доказать существование решения уравнения --Найти приближенное решение уравнения --Оценить сходимость приближенного решения уравнения . -- Вычислить норму линейного функционала. --Вычислить норму линейного оператора. -- Доказать топологические и метрические свойства пространств, -- Доказать топологические и метрические свойства операторов -- Доказать полноту метрического пространства l_1 . -- Доказать сепарабельность метрического пространства l_1 . -- Используя принцип сжимающих отображений показать, что система линейных уравнений $x=0.5y+1; y=0.25x-2$ в вещественной плоскости имеет единственное решение и укажите приближенный метод ее решения. -- Доказать эквивалентность норм в пространстве. --Вычислить норму оператора сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей.-- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве непрерывных функций. --Вычислить норму оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве последовательностей -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве дифференцируемых функций функций - Проверить, задается ли норма с помощью скалярного произведения --Вычислить норму оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -- Проверить эквивалентны ли нормы в пространстве последовательностей -найти спектр оператора, задаваемого интегралом -Вычислить норму оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. Вычислить норму оператора правого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. --найти спектр оператора левого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей --найти спектр оператора правого сдвига в пространстве квадратично суммируемых последовательностей. -разобрать спектральную теорему для компактного самосопряженного оператора --приложения к уравнениям -- интегральные уравнения с симметрическим ядром

Тема 6. Элементы нелинейного анализа в нормированных пространствах.

Итоговая форма контроля

зачет и экзамен (в 6 семестре)

Итоговая форма контроля

зачет и экзамен (в 7 семестре)

Примерные вопросы к :

- Метрические пространства. Пополнение метрического пространства.
- Теорема о вложенных шарах и теорема Бэра.
- Принцип сжимающих отображений и его применения
- Вполне ограниченные, компактные и предкомпактные множества в метрических пространствах,
- Непрерывные функции на компактных пространствах.
- Норма. Нормированные и банаховы пространства. Пополнение. Ряды.
- Линейные операторы и функционалы.Ограниченность.Норма оператора.
- Теорема Хана-Банаха,
- Теорема Банаха-Штейнгауза
- Теорема Банаха
- Сопряженное пространство

- Унитарные и гильбертовы пространства. Элемент наилучшего приближения. Проекторы.
- Ряды Фурье
- Сепарабельные гильбертовы пространства.
- Функционалы в гильбертовом пространстве.
- Сопряженный оператор. Алгебра операторов.
- Основные классы операторов. Компактные операторы.
- Спектр.Резольвента.
- Спектральная теория.Спектральная теорема для компактного самосопряженного оператора.
- Уравнения с компактными операторами. Теоремы Фредгольма.

7.1. Основная литература:

- 1.Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа. [Электронный ресурс] / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2009. ? 572 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2206> ? Загл. с экрана
- 2.Люстерник, Л.А. Краткий курс функционального анализа. [Электронный ресурс] / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2009. ? 272 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/245> ? Загл. с экрана.
- 3.Шерстнев А. Н. Конспект лекций по математическому анализу. Издание четвертое.-Казань: 2009.
-374с.http://libweb.kpfu.ru/ebooks/05-IMM/05_33_2009_000165.pdf
- 4.Хелемский, А.Я. Лекции по функциональному анализу. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : МЦНМО, 2014. ? 560 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/56415> ? Загл. с экрана.
- 5.Бородин, П.А. Задачи по функциональному анализу. [Электронный ресурс] / П.А. Бородин, А.М. Савчук, И.А. Шейпак. ? Электрон. дан. ? М. : МЦНМО, 2017. ? 336 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/92693> ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

- 1.Функциональный анализ : [учебное пособие] / А. М. Сидоров .? Казань : Казанский университет, 2010 .? 139 с. ; 21 .? Библиогр.: с. 4 (4 назв.) .? ISBN 978-5-98180-834-0 ((в пер.)) , 130
- 2.Насыров С.Р. Метрические и линейные нормированные пространства.'Задачи к лабораторным занятиям по курсу 'Функциональный анализ и интегральные уравнения',Казань: КГУ, 1998. 31 с
http://kpfu.ru//staff_files/F1714458496/FA_exercises.pdf
- 3.Пирковский, А.Ю. Спектральная теория и функциональные исчисления для линейных операторов. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : МЦНМО, 2010. ? 176 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/9384> ? Загл. с экрана.
- 4.Лебедев, В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2005. ? 296 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/59277> ? Загл. с экрана
- 5.Треногин, В.А. Задачи и упражнения по функциональному анализу. [Электронный ресурс] / В.А. Треногин, Б.М. Писаревский, Т.С. Соболева. ? Электрон. дан. ? М. : Физматлит, 2005. ? 240 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2342> ? Загл. с экрана.

7.3. Интернет-ресурсы:

архив учебных материалов ВШЭ - http://math.hse.ru/courses_math/bac3-11-fa

кафедра математики физ. фак-та МГУ - http://matematika.phys.msu.ru/stud_spec/127

кафедра мат-ки физ. фак-та МГУ - http://matematika.phys.msu.ru/stud_spec/127

учебные материалы мех-мата МГУ - <http://www.mexmat.net/materials/6/>

учебные материалы мех-мата МГУ - <http://www.mexmat.net/materials/6/>

Функц. анализ. Викиконспекты -

<http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B>

Функциональный анализ 3 курс Викиконспекты -

<http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B>

электронная библиотека К(П)ФУ - <http://www.ksu.ru/f5/index.php?id=7>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Функциональный анализ" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

функциональный анализ: учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, доступ студентов к компьютеру с Mircsft Office.

ри необходимости занятия могут проводиться в мультимедийной аудитории 610 (корпус 2 К(П)ФУ),

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 02.03.01 "Математика и компьютерные науки" и профилю подготовки Математическое и компьютерное моделирование .

Автор(ы):

Гумеров Р.Н. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Насыров С.Р. _____

Гарифьянов Фархат Нургаязович _____

"__" _____ 201__ г.