

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра фундаментальной математики**

Авторы-составители: **Ширина Алла Владимировна  
Скачкова Елена Александровна**

Рабочая программа дисциплины  
**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**  
Код УМК 80799

Утверждено  
Протокол №9  
от «22» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Функциональный анализ

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.01** Математика

направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Функциональный анализ** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.01** Математика (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.1** Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности

**Индикаторы**

**ОПК.1.2** Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач

**ПК.2** Способен апробировать результаты научно-исследовательской деятельности

**Индикаторы**

**ПК.2.1** Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.01 Математика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	7,8
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	8
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	288
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	112
<b>Проведение лекционных занятий</b>	56
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	56
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	0
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	176
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (3) Письменное контрольное мероприятие (9)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (7 триместр) Экзамен (8 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### **Функциональный анализ. Первый семестр**

#### **Функциональный**

анализ – это один математики, которому уделяется большое внимание в образовательных программах ведущих мировых университетов. По своему содержанию функциональный анализ тесно связан с математическим анализом, геометрией и алгеброй, вычислительной математикой и другими важными разделами математики. Методы функционального анализа находят широкое приложение при изучении физических, социально-экономических финансовых процессов. Для успешного усвоения курса необходимы математического анализа, алгебры и геометрии.

В процессе изучения дисциплины студенты должны ознакомиться с основными понятиями функционального анализа, функционального анализа, необходимые для использования в других математических дисциплинах; математические профессиональных задач, уметь применять математические методы при решении профессиональных задач, овладеть математическим аппаратом, необходимым для профессиональной деятельности. По окончании курса студенты должны быть способны применять изученные методы в собственных исследованиях интерпретировать полученные результаты.

#### **Входное контрольное мероприятие**

входной контроль основан на знании элементов теории множеств Теория множеств как математическая дисциплина создана Кантором<sup>1</sup>. Теория множеств стала основой многих разделов математики — общей топологии, общей алгебры, функционального анализа и оказала существенное влияние на современное понимание предмета математики. В первой половине XX века теоретико-множественный подход был принесён и во многие традиционные разделы математики,

#### **Линейные пространства и линейные отображения**

Изучаются свойства различных линейных функциональных пространств и линейных отображений. Рассматриваются примеры на различных функциональных пространствах.

#### **Топологические пространства и непрерывные отображения**

Изучается понятия топологии на различных множествах. Рассматриваются свойства топологий, структура построения множества, определение его внутренности, внешности, границы, понятия предельной точки, а также точки прикосновения множества. Приводятся примеры различных топологий, в том числе отделимой.

#### **Метрические пространства и непрерывные отображения**

Вводится понятие метрики, как неотрицательной функции, определенной на некотором множестве, свойства метрики. Определяется сходимость последовательности, и свойства сходящихся последовательности. Дается определение полных пространств. Рассматривается понятие непрерывных отображений, определяется принцип сжимающих отображений.

#### **Нормированные пространства и лн**

Вводится понятие нормы, определяется свойства нормы, вводится понятия: банаховы пространства, критерий банаховости в н.п., свойства банаховых пространств, линейные непрерывные операторы, критерий непрерывности л.н.о., резольвента, спектр л.н.о., вывод резольвенты с помощью ряда

Неймана.

### **Гильбертовы пространства и унитарные операторы**

Скалярное произведение, евклидово пространство и нормой, согласованной со скалярным произведением, полнота г.п., ортогональность векторов, ортогональное дополнение, теорема о проекции, теорема об отрезке ряда Фурье, теорема об общем виде линейного непрерывного функционала

### **Итоговое КМ( экзамен)**

проводится в виде теста по изученному материалу. Тест включает в себя как задачи для расчета числовых значений, так и задачи на вывод логических утверждений( тестовые задания открытого типа)

### **Функциональный анализ. Второй семестр**

Темы для изучения во втором триместре включают в себя изучение теории меры и интеграла Лебега, а также

Сопряженное пространство, слабая сходимости функционалов, спектральная теория операторов

### **ИЗМЕРИМЫЕ ФУНКЦИИ**

Модуль Измеримые функции: определение сигма-алгебры, измеримого множества, измеримых функций,

связь сигма алгебр и отображений.

При завершении модуля пишется письменная КТ, для дополнительных баллов можно рассмотреть задачи по этому модулю.

### **МЕРА**

Рассматриваются понятия абстрактной меры, внешней меры, меры Лебега, вводится понятие свойства "почти всюду"

При завершении модуля пишется письменная КТ, для дополнительных баллов можно рассмотреть задачи по этому модулю.

### **ИНТЕГРАЛ ЛЕБЕГА**

Тема модуля: интеграл Лебега и его свойства,

При завершении модуля пишется письменная КТ, для дополнительных баллов можно рассмотреть задачи по этому модулю.

### **СОПРЯЖЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО**

Пространство линейных непрерывных функционалов и его свойства

При завершении модуля пишется письменная КТ, для дополнительных баллов можно рассмотреть задачи по этому модулю.

### **СПЕКТР И РЕЗОЛЬВЕНТА**

Рассматриваются свойства спектра и резольвенты линейного непрерывного оператора

При завершении модуля пишется письменная КТ, для дополнительных баллов можно рассмотреть задачи по этому модулю.

### **АЛЬТЕРНАТИВА ФРЕДГОЛЬМА**

Решение и исследование уравнений с помощью альтернативы Фредгольма

При завершении модуля пишется письменная КТ, для дополнительных баллов можно рассмотреть задачи по этому модулю.

### **Итоговое КМ( экзамен)**

Итоговый контроль пишется по всем модулям курса, состоит из задач по изученным модулям

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.



## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Глазырина П. Ю. Функциональный анализ. Типовые задачи: Учебное пособие/Глазырина П. Ю..- Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016, ISBN 978-5-7996-1771-4.-216. <http://www.iprbookshop.ru/66213.html>
2. Треногин В. А., Писаревский Б. М., Соболева Т. С. Задачи и упражнения по функциональному анализу: учебное пособие для студентов университетов, обучающихся по специальности "Математика" и "Прикладная математика"/В. А. Треногин, Б. М. Писаревский, Т. С. Соболева.-Москва: Физматлит, 2002, ISBN 5-9221-0271-0.-240.-Библиогр.: с. 233-234
3. Богачев В. И., Смолянов О. Г. Действительный и функциональный анализ: университетский курс/В. И. Богачев, О. Г. Смолянов.-Москва: Институт компьютерных исследований, 2009, ISBN 978-5-93972-742-6.-724.
4. Колмогоров А. Н., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа: [учебник]/А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин.-Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006, ISBN 5-9221-0266-4.-572.-Библиогр.: с. 568-570
5. Дерр В. Я. Функциональный анализ/В. Я. Дерр.-Москва: Юрайт, 2012, ISBN 978-5-9916-1448-1.-464.-Библиогр.: с. 460-461
6. Треногин В. А. Функциональный анализ: учебник/В. А. Треногин.-Москва: Физматлит, 2002, ISBN 5-9221-0272-9.-488.-Библиогр.: с. 482

### Дополнительная:

1. Очан Ю. С. Сборник задач по математическому анализу. Общая теория множеств и функций: учебное пособие/Ю. С. Очан ; ред. М. Ф. Бокштейн.-Москва: Просвещение, 1981.-271.
2. Функциональный анализ в упражнениях и задачах/Ю. И. Грибанов ; Казан. гос. ун-т им. В. И. Ульянова-Ленина. Вып. 1. Метрические пространства.-Казань, 1970.-54
3. Кириллов А. А., Гвишиани А. Д. Теоремы и задачи функционального анализа: учебное пособие для вузов по специальностям "Математика" и "Прикладная математика"/А. А. Кириллов, А. Д. Гвишиани.-Москва: Наука, 1988, ISBN 5-02-013797-9.-3961.-Библиогр.: с. 385-388. - Предм. указ.: с. 392-397
4. Рудин У. Функциональный анализ: учебник для вузов/У. Рудин ; пер. с англ. В. Я. Лина ; под ред. Е. А. Горина.-Санкт-Петербург: Лань, 2005, ISBN 5-8114-0611-8.-4433.-Библиогр.: с. 430-432
5. Богачев В. И., Смолянов О. Г. Действительный и функциональный анализ: университетский курс/В. И. Богачев, О. Г. Смолянов.-Москва: Институт компьютерных исследований, 2009, ISBN 978-5-93972-742-6.-724.
6. Осиленкер, Б. П. Задачи и упражнения по функциональному анализу : учебно-практическое пособие / Б. П. Осиленкер. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 132 с. — ISBN 978-5-7264-1186-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/60819.html>
7. Очан Ю. С. Сборник задач и теорем по теории функций действительного переменного: учебное пособие для педагогических институтов/Ю. С. Очан.-Москва: Просвещение, 1965.-231.

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82613> Треногин, В.А. Функциональный анализ : учебник

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428727> Крепкогорский, В.Л. Функциональный анализ: учебное пособие

<http://znanium.com/go.php?id=556115> Ревина С. В. Функциональный анализ в примерах и задачах

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/calculus.htm> EqWorld

<https://www.mathedu.ru/> MathEdu

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Функциональный анализ** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Для корректной работы при изучении дисциплины необходимо использовать:

1. презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
2. доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
3. доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
4. доступ к онлайн-тестированию
5. Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы и т.д.)

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционная аудитория: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.
2. Аудитория для практических занятий и текущего контроля.
3. Проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.
4. Групповые (индивидуальные) консультации: меловая (и) или маркерная доска.
5. Аудитория для самостоятельной работы - помещения Научной библиотеки ПГНИУ: компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Функциональный анализ**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.1**

**Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач	<b>ЗНАТЬ:</b> понятия и теоремы функционального анализа, которые могут использоваться для решения прикладных задач <b>УМЕТЬ:</b> применять фундаментальные знания из области функционального анализа для решения прикладных задач <b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами функционального анализа для решения прикладных задач	<b>Неудовлетворител</b> Не знает основные понятия функционального анализа, методы моделирования и решения прикладных задач  <b>Удовлетворительн</b> Знает основные понятия функционального анализа. Слабо знает методы математического моделирования с помощью элементов функционального анализа. Плохо знает основные формулы функционального анализа. Демонстрирует частично сформированное умение производить расчеты в прикладных задачах.  <b>Хорошо</b> Знает основные понятия функционального анализа, алгоритмы и методы математического моделирования для решения прикладных задач. Может производить расчеты в практических задачах. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить расчеты в практических заданиях.  <b>Отлично</b> Знает основные понятия функционального анализа, свободно применяет фундаментальные знания из функционального анализа для решения прикладных задач

**ПК.2**

**Способен апробировать результаты научно-исследовательской деятельности**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры,	<b>ЗНАТЬ:</b> методики подготовки обзоров, аннотаций по тематике	<b>Неудовлетворител</b> не знает понятийный аппарат

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	своей профессиональной деятельности языком функционального анализа УМЕТЬ: готовить обзоры, составлять рефераты по тематике проводимых исследований, используя понятийный аппарат и алгоритмы исследований функционального анализа	<p><b>Неудовлетворител</b> функционального анализа, не умеет составлять обзоры и аннотации к проводимым исследованиям языком функционального анализа, допускает ошибки в составлении рефератов по проводимым исследованиям.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> знаком с понятиями и формулами функционального анализа, выполнение обзоров и написание аннотаций вызывает большие затруднения. При работе с реферативными заданиями допускает серьезные ошибки.</p> <p><b>Хорошо</b> Знает основные понятия функционального анализа, логические методы доказательства математических теорем. Умеет доказывать теоремы и утверждения курса. Выполняет обзоры и составляет аннотации к проводимым исследованиям. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения при выполнении реферативной части исследовательской работы не позволяют в полной мере добиться высоких результатов в проводимых исследованиях.</p> <p><b>Отлично</b> Знает основные понятия функционального анализа, логические методы доказательства математических теорем. Умеет выполнять необходимые расчеты. Хорошо готовит обзоры и аннотации по тематике проводимых исследований. Хорошо выполняет реферативную и библиографическую часть этих исследований</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен**

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов : 100**

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Входное контрольное мероприятие <b>Входное тестирование</b>	Основные понятия теории множеств: множества. операции над множествами, бинарные отношения, рефлексивные, транзитивные, симметричные, антисимметричные бинарные отношения. Отношения частичного порядка, отношения эквивалентности, фактор-множество, класс эквивалентности.
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	Линейные пространства и линейные отображения <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	линейные пространства и подпространства, линейная оболочка. выпуклость, линейные отображения
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	Топологические пространства и непрерывные отображения <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	топология. топологическое пространство, окрестность точки, открытое и замкнутое множество, внутренность множества, замыкание множества, граница множества, относительная топология, хаусдорфово топологическое пространство

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	Метрические пространства и непрерывные отображения <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	метрика, метрическое пространство, сходимость последовательности: сходимость поточечная и по метрике, ограниченное, вполне ограниченное множество, плотное множество, сепарабельность, непрерывное отображение, принцип сжимающих отображений.
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	Нормированные пространства и лно <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	норма, нормированное пространство, банахово пространство, линейный непрерывный оператор, норма оператора, резольвента, ряд Неймана для резольвенты, спектр, резольвентное множество, спектральный радиус
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	Гильбертовы пространства и унитарные операторы <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	скалярное произведение, норма, согласованная со скалярным произведением, равенство параллелограмма, гильбертово пространство, унитарный оператор, ортогональность векторов, ортогональное дополнение, разложение пространства на прямую сумму двух подпространств, неравенство Коши-Буняковского, теорема о проекции, равенство Парсеваля, проекция вектора на подпространство, отрезок ряда Фурье, сопряженный оператор, норма сопряженного оператора, спектр сопряженного оператора, ядро сопряженного оператора
<b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований	Итоговое КМ( экзамен) <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	линейные пространства и линейные операторы, топологические пространства и непрерывные отображения, метрические пространства: метрика, сходимость последовательности, сжимающее отображение, норма , свойства нормы, норма л.н.о., обратный оператор, резольвента, спектр, резольвентное множество, сопряженный оператор

## Спецификация мероприятий текущего контроля

### Входное контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
1 задание	1
2 задание	1
5 задание	1
4 задание	1
3 задание	1

### Линейные пространства и линейные отображения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
тест по теме линейные пространства и линейные операторы	5
решение линейного уравнения, необходимо сделать соответствующие выводы.	5
задача на доказательство утверждения	5

### Топологические пространства и непрерывные отображения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4**

Показатели оценивания	Баллы
задача на доказательство свойств топологии	4
3 задание теста	2
1 задание теста	2
2 задание теста	2

### Метрические пространства и непрерывные отображения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **5**



Показатели оценивания	Баллы
задача на доказательство утверждения	5
4 задание письменной работы	1
2 задание письменной работы	1
3 задание письменной работы	1
5 задание письменной работы	1
1 задание письменной работы	1

### Нормированные пространства и лнo

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **8.4**

Показатели оценивания	Баллы
Контрольная работа по теме	10
Исследование и решение операторного уравнения	5
Задача на доказательство	5

### Гильбертовы пространства и унитарные операторы

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **11**

Показатели оценивания	Баллы
исследование операторного уравнения - 15 вопросов	15
контрольная работа -	5
задача на доказательство	5

### Итоговое КМ( экзамен)

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **8.4**

Показатели оценивания	Баллы
3 ВОПРОС: приведено исследование свойств оператора	8
1 ВОПРОС: формулировка теоремы, приведено доказательство	5
2 ВОПРОС: приведены все свойства, приведены примеры	5
4 ВОПРОС: найдена норма л.н. функционала в гильбертовом пространстве	2

**Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен**

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках**

промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов : 100**

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p> <p><b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований</p>	<p><b>ИЗМЕРИМЫЕ ФУНКЦИИ</b></p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Сигма-алгебра, измеримые пространства, Измеримые функции. Свойства сигма-алгебр, связь сигма-алгебр с отображениями, критерий измеримости вещественных функций. примеры измеримых функций</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p> <p><b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований</p>	<p><b>МЕРА</b></p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Мера, абстрактная мера, внешняя мера, мера Лебега, полная мера, свойство "почти всюду", эквивалентные функции, сходимость почти всюду, четыре типа сходимости и связь между ними,</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p> <p><b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований</p>	<p><b>ИНТЕГРАЛ ЛЕБЕГА</b></p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>интеграл Лебега, суммируемые функции, свойства интеграла Лебега, теорема Рисса Фишера</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p> <p><b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований</p>	<p><b>СОПРЯЖЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО</b></p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>внешнее произведение, полунорма, слабая сходимость, сильная сходимость, сопряженное пространство, сопряженный оператор</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p> <p><b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований</p>	<p><b>СПЕКТР И РЕЗОЛЬВЕНТА</b></p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>спектр, резольвента л.н.о., резольвентное множество, компактный оператор, свойства компактного оператора, спектр компактного оператора, альтернатива Фредгольма</p>
<p><b>ОПК.1.2</b> Применяет фундаментальные знания в области математики для решения прикладных задач</p> <p><b>ПК.2.1</b> Готовит обзоры, аннотации, составляет рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований</p>	<p>Итоговое КМ( экзамен)</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>мера, сигма алгебра, измеримые множества, измеримые функции, интеграл Лебега, сопряженный оператор, компактный оператор</p>

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **ИЗМЕРИМЫЕ ФУНКЦИИ**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.2**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
1 задание	2
2 задание	2
5 задание	2
4 задание	2
3 задание	2

#### **МЕРА**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.2**

Показатели оценивания	Баллы
6 задание	2
5 задание	2
задача на доказательство	2
3 задание	1
2 задание	1
1 задание	1
4 задание	1

### **ИНТЕГРАЛ ЛЕБЕГА**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.2**

Показатели оценивания	Баллы
доказать свойство интеграла Лебега	3
доказать свойство 3	3
вычислить интеграл Лебега от простой функции	2
вычислить интеграл Лебега от ограниченной функции	2

### **СОПРЯЖЕННОЕ ПРОСТРАНСТВО**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.2**

Показатели оценивания	Баллы
найти продолжение л.н.ф. при условии выполнения условий теоремы Хана- Банаха	2
исследовать на слабую и сильную сходимость	2
доказать свойство ортогональности	2
найти норму л.н.ф в г.п.	1
найти сопряженный оператор в н.п.	1
найти сопряженный оператор в г.п.	1
вычислить внешнее произведение	1

### **СПЕКТР И РЕЗОЛЬВЕНТА**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **8.4**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
исследовать операторное уравнение с помощью альтернативы Фредгольма	5
найти спектр и резольвенту компактного оператора	3
найти спектр и резольвенту л.н.о	2

### **Итоговое КМ( экзамен)**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Найти условие разрешимости интегрального уравнения	10
исследовать свойства оператора. Ответ обосновать	10
Разложить в ряд Неймана резольвенту оператора, найти спектральный радиус	6
Найти спектр и резольвенту оператора	5
Найти спектр компактного оператора	5
Привести пример элемента из сопряженного пространства	4