

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Проректор по учебной работе и
довузовской подготовке**

А.А. Воронов

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Уравнения математической физики
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра высшей математики
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

5 (осенний) - Дифференцированный зачет

6 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 150 всего, в том числе:

лекции: 75 час.

семинары: 75 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 135 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 315, всего зач. ед.: 7

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составил: Р.В. Константинов, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры высшей математики 21.05.2020

Аннотация

В первом семестре курса изучаются спектральные свойства симметричных и самосопряженных операторов в гильбертовом пространстве, спектральное разложение и функциональное исчисление самосопряженных операторов, обладающих ортогональным базисом в гильбертовом пространстве из собственных функций. Рассматриваются эволюционные задачи в гильбертовом пространстве, порожденные такими самосопряженными операторами, и метод Фурье их решения на основе построения соответствующего оператора эволюции. Для симметричного оператора Лапласа в круге или круговом секторе с однородными граничными условиями построен ортогональный базис из его собственных функций в гильбертовом пространстве квадратично интегрируемых функций в круге или секторе. Рассмотрены краевые задачи Дирихле и Неймана для уравнений Лапласа и Пуассона в круге и шаре и метод Фурье их решения. Для компактных самосопряженных операторов в гильбертовом пространстве доказана теорема Гильберта-Шмидта и рассмотрен метод Фурье решения уравнения Фредгольма с самосопряженным интегральным оператором. Изучен самосопряженный линейный дифференциальный оператор Штурма-Лиувилля, доказана теорема Стеклова о существовании у этого оператора ортогонального базиса из собственных функций, и рассмотрен метод Фурье решения задачи Штурма-Лиувилля.

Во втором семестре изучается пространство Л. Шварца обобщенных функций медленного роста и обобщенное решение линейных дифференциальных уравнений в частных производных с постоянными коэффициентами. Рассматривается обобщенное преобразование Фурье и техника его применения для вычисления функций Грина стандартных линейных дифференциальных операторов – Даламбера, Шредингера, Гельмгольца, Лапласа и др. Рассматривается свертка обобщенных функций и вычисление обобщенного решения неоднородного уравнения в виде свертки источника и функции Грина соответствующего дифференциального оператора. Получены формула обобщенного решения уравнения Пуассона, формулы Даламбера и Кирхгоффа решения обобщенной задачи Коши для волнового уравнения, формула Пуассона решения обобщенной задачи Коши для уравнения теплопроводности. Исследованы условия, при которых полученные формулы дают классические гладкие решения соответствующих задач.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование знаний и навыков в области математического моделирования процессов, описываемых уравнениями в частных производных и интегральными уравнениями, для дальнейшего использования в дисциплинах естественнонаучного содержания;
- формирование математической культуры, исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний в области уравнений математической физики;
- формирование общематематической культуры;
- формирование навыков самостоятельно:
 - 1) ставить математическую задачу,
 - 2) обосновывать корректность постановки;
 - 3) применять алгоритмы поиска решений;
 - 4) анализировать и обосновывать результаты.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- все используемые определения;
- формулировки всех именованных теорем.

уметь:

- воспроизводить доказательства всех именованных теорем;
- решать и обосновывать все типовые задачи.

владеть:

- используемой терминологией;
- используемым математическим аппаратом.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Линейные операторы в гильбертовом пространстве. Симметричные операторы и их свойства.	2	2		2
2	Метод Фурье решения начально-краевых задач. Оператор эволюции.	4	2		2
3	Сопряжённый оператор линейного оператора в гильбертовом пространстве, самосопряжённые операторы.	4	2		2
4	Задачи Дирихле в круге и шаре для уравнения Лапласа. Сферические функции.	4	4		2
5	Спектр линейного оператора в гильбертовом пространстве.	2	4		4
6	Компактные самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве.	4	4		4
7	Оператора Лапласа в круговом секторе или круге при однородных граничных условиях. Функции Бесселя.	4	4		4
8	Метод Фурье решения задачи о колебаниях закреплённой круглой мембраны.	2	2		2
9	Интегральные операторы и интегральные уравнения.	2	4		4
10	Оператор и задача Штурм-Лиувилля.	2	2		4
11	Метод характеристик решения классических задач Коши и Гурса гиперболического уравнения на плоскости.	6	6		17
12	Классическая задача Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности.	6	6		18

13	Элементы теории обобщённых функций Л.Шварца. Обобщённое решение линейного уравнения в частных производных.	12	12		26
14	Функции Грина линейных дифференциальных операторов в частных производных.	12	12		26
15	Обобщённая задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных.	9	9		18
Итого часов		75	75		135
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		315 час., 7 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 5 (Осенний)

1. Линейные операторы в гильбертовом пространстве. Симметричные операторы и их свойства.

Область определения линейного оператора. Плотно определённые операторы. Симметричные операторы, свойства их собственных значений и собственных функций. Симметричные линейные операторы в гильбертовом пространстве, обладающие ортогональным базисом из собственных функций. Замыкание, спектральное разложение и функциональное исчисление таких операторов.

Тензорное произведение двух гильбертовых пространств и построение в нём ортогонального базиса с помощью ортогональных базисов в сомножителях.

Оператор Лапласа в прямоугольнике Π с однородными граничными условиями Дирихле или Неймана как симметричный плотно определённый оператор в $L_2(\Pi)$ Ортогональный базис в $L_2(\Pi)$ из его собственных функций, спектральное разложение замыкания этого оператора.

2. Метод Фурье решения начально-краевых задач. Оператор эволюции.

Начально-краевая задача в гильбертовом пространстве с замкнутым симметричным линейным оператором, обладающим ортогональным базисом из собственных функций, метод Фурье её решения. Начально-краевая задача для уравнений Шрёдингера, теплопроводности и волнового, условия их разрешимости, оператор эволюции.

3. Сопряжённый оператор линейного оператора в гильбертовом пространстве, самосопряжённые операторы.

Сопряжённое гильбертово пространство, теоремы Рисса о проекции и об ортогональном дополнении, теорема Рисса-Фреше. Сопряжённый оператор для линейного оператора в гильбертовом пространстве, его область определения. Теорема Фредгольма о связи множества значений линейного оператора и ядра его сопряжённого. Теорема о связи графиков линейного оператора и его сопряжённого. Замкнутость сопряжённого оператора. Критерий замыкаемости плотно определённого линейного оператора в гильбертовом пространстве. Замыкаемость плотно определённого симметричного оператора. Пример незамыкаемого плотно определённого оператора.

Самосопряжённый линейный оператор в гильбертовом пространстве, его плотная определённость, замкнутость и симметричность. Пример несамосопряжённого замкнутого плотно определённого симметричного оператора. Критерий самосопряжённости замыкания плотно определённого симметричного оператора. Самосопряжённость замыкания симметричного оператора, обладающего ортогональным базисом из собственных функций.

4. Задачи Дирихле в круге и шаре для уравнения Лапласа. Сферические функции.

Формулы Грина для оператора Лапласа в ограниченной области с кусочно-гладкой границей, замыкаемость этого оператора. Неравенство Фридрихса для непрерывно-дифференцируемой функции в выпуклой ограниченной области с кусочно-гладкой границей.

Задача Дирихле в круге уравнения Лапласа, существование и единственность её решения.

Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа-Бельтрами на сфере S , сферические функции. Ортогональный базис в пространстве $L_2(S)$ из сферических функций. Задача Дирихле в шаре для уравнения Лапласа, существование и единственность её решения.

5. Спектр линейного оператора в гильбертовом пространстве.

Спектр линейного оператора в гильбертовом пространстве. Вещественность спектра самосопряжённого оператора. Критерий принадлежности вещественного числа спектру самосопряжённого оператора. Непустота спектра непрерывного линейного оператора в гильбертовом пространстве.

Теорема о спектральном радиусе непрерывного самосопряжённого оператора в гильбертовом пространстве.

6. Компактные самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве.

Компактные самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве. Теорема о спектре компактного самосопряжённого оператора. Теорема Гильберта-Шмидта. Резольвента компактного самосопряжённого оператора.

7. Оператора Лапласа в круговом секторе или круге при однородных граничных условиях. Функции Бесселя.

Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа в круговом секторе или круге при однородных граничных условиях. Функции Бесселя и свойство их ортогональности. Свойства нулей функций Бесселя.

8. Метод Фурье решения задачи о колебаниях закреплённой круглой мембраны.

Ортогональный базис в пространстве $L_2(K)$ из собственных функций оператора Лапласа в круговом секторе или круге K при однородных граничных условиях. Спектральное разложение замыкания этого оператора. Постановка задачи о колебаниях закреплённой круглой мембраны и её решение методом Фурье.

9. Интегральные операторы и интегральные уравнения.

Интегральные операторы в гильбертовом пространстве $L_2(K)$ для компакта K из R_m . Компактность интегрального оператора. Интегральный самосопряжённый оператор в $L_2(K)$, ортогональный базис в $L_2(K)$ из его собственных функций. Резольвента интегрального самосопряжённого оператора в $L_2(K)$. Решение интегрального уравнения Фредгольма в $L_2(K)$ с интегральным самосопряжённым оператором.

10. Оператор и задача Штурм-Лиувилля.

Симметричный оператор Штурма-Лиувилля и критерий его обратимости. Замыкание оператора, обратного к оператору Штурма-Лиувилля, как самосопряжённый компактный оператор. Теорема Стеклова. Задача Штурм-Лиувилля и её решение методом Фурье.

Семестр: 6 (Весенний)

11. Метод характеристик решения классических задач Коши и Гурса гиперболического уравнения на плоскости.

Классические линейные уравнения в частных производных второго порядка, их преобразование с помощью гладкой замены переменных. Гиперболические уравнения и понятие их характеристической поверхности. Преобразование гиперболического уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными с помощью характеристической замены. Постановка классических задач Коши и Гурса для гиперболического в области уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными. Теоремы о существовании единственного решения этих задач.

12. Классическая задача Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности.

Классическая задача Коши для волнового уравнения в пространстве произвольной размерности. Теорема единственности решения этой задачи. Классическая задача Коши для уравнения теплопроводности в пространстве произвольной размерности. Принцип максимума и теорема единственности решения этой задачи в классе ограниченных функций.

Решение классической задачи Коши для уравнения колебаний струны, формула Даламбера и принцип Дюамеля. Смешанная задача для полубесконечной струны. Условия согласования начальных и граничных данных для существования классического решения.

13. Элементы теории обобщённых функций Л.Шварца. Обобщённое решение линейного уравнения в частных производных.

Пространства Л.Шварца основных и обобщённых функций. Обобщённое дифференцирование и его корректность по отношению к дифференцированию классическому. Обобщённое решение линейного дифференциального уравнения в частных производных и его корректность по отношению к классическому решению на произвольном открытом множестве. Обобщённое преобразование Фурье и свёртка обобщённых функций, и их свойства, связанные с обобщённым дифференцированием.

14. Функции Грина линейных дифференциальных операторов в частных производных.

Функция Грина (или фундаментальное решение) линейного дифференциального оператора. Вычисление обобщённого решения линейного дифференциального уравнения в частных производных с помощью функции Грина. Вычисление функции Грина с помощью обобщённого преобразования Фурье. Достаточное условие существования единственной функции Грина. Вычисление методом регуляризации функций Грина операторов Лапласа, Гельмгольца, Даламбера, Шрёдингера. Обобщённое решение уравнения Пуассона с абсолютно интегрируемым источником, формула Пуассона. Обобщённое решение волнового уравнения с источником медленного роста, запаздывающий потенциал.

15. Обобщённая задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных.

Обобщённая постановка задачи Коши для линейного дифференциального уравнения в частных производных с постоянными коэффициентами. Корректность решения обобщённой задачи Коши по отношению к решению классической задачи. Обобщённая задача Коши для волнового уравнения, формулы Даламбера и Кирхгофа решения этой задачи соответственно на оси и в трёхмерном пространстве. Фундаментальное решение уравнения теплопроводности, обобщённая задача Коши для уравнения теплопроводности и формула Пуассона решения этой задачи.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Владимиров, В. С.

Уравнения математической физики [Текст] : учебник для вузов / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. — 2-е изд., стереотип. — М. : Физматлит, 2000, 2004, 2008. — 400 с. - Библиогр.: с. 399. - 3000 экз. - ISBN 5-9221-0310-5 (в пер.) .— Полный текст (Доступ из сети МФТИ / Удаленный доступ).

Уроев, В. М.

Уравнения математической физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. М. Уроев. — М. : Яуза, 1998. — 373 с. - 5000 экз. - ISBN 5-88923-026-3.

Сборник задач по уравнениям математической физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. С. Владимиров [и др.] .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 520 с. - Библиогр.: с. 516-517. - 1500 экз. - ISBN 978-5-9221-1692-3 (в пер.) .— Полный текст (Режим доступа : доступ из сети МФТИ).

Дополнительная литература

Михайлов, В. П.

Лекции по уравнениям математической физики [Текст] : учеб. пособие : рек. Учеб.-метод. советом МФТИ / В. П. Михайлов. — М. : Физматлит, 2001. — 206 с. — (Лекции кафедры высшей математики МФТИ). - Библиогр.: с. 202-203. - Предм. указ.: с. 204-206. - 1000 экз. - ISBN 5-94052-026-X) .

Владимиров, В. С.

Обобщенные функции в математической физике [Текст] / В. С. Владимиров ; Акад. наук СССР. — / 2-е изд., испр. и доп. — М. : Наука, 1979. — 320 с. — (Современные физико-техн. проблемы). - Библиогр.: с. 310-314. - Предмет. указ.: с. 315-318. - 10000 экз.) .

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru/catalogue/1604/?t=492> – электронная библиотека Физтеха, раздел «Уравнения математической физики».
2. <http://www.exponenta.ru> – образовательный математический сайт.
3. <http://mathnet.ru> – общероссийский математический портал.
4. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
5. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
6. <http://www.i-exam.ru> – единый портал Интернет-тестирования в сфере образования.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не требуются.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса уравнений математической физики требует напряжённой работы студента МФТИ, начинающейся с конспектирования:

- 1) приводимых на лекциях определений и теорем с доказательствами;
- 2) приводимых и обсуждаемых на семинарах решений типовых задач.

По мере обучения студенту следует выучить:

- 1) все определения, формулировки именованных теорем с доказательствами;
- 2) алгоритмы получения и обоснования решений типовых задач, разбираемых на семинарах в обязательном порядке;
- 3) самостоятельно решить остальные задачи заданий.

Студент имеет возможность обучаться (частично или полностью) путём использования любых источников знаний для усвоения:

1) предусмотренных курсом определений и теорем с доказательствами вплоть до безошибочного воспроизведения;

2) предусмотренных курсом типовых задач вплоть до безошибочного воспроизведения и обоснования решений.

Текущий контроль за успеваемостью студентов осуществляется во время проверки письменных работ и устной защиты предусмотренных заданий.

Доп. литература:

1. Соболев С.Л. Уравнения математической физики. – 5-е изд. – М.: Наука, 1992.

2. Масленникова В.Н. Дифференциальные уравнения в частных производных. – 5-е изд. – М.: Изд-во РУДН, 1997

3. Олейник О.А. Лекции об уравнениях с частными производными. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.

4. Михайлов В.П., Гущин А.К. Дополнительные главы курса «Уравнений математической физики». – М.: МИАН, 2007, Лекционные курсы НОЦ. Вып. 7.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра высшей математики
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 5 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 6 (весенний) - Экзамен

Разработчик: Р.В. Константинов, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Уравнения математической физики (КВМ)» обучающийся должен:

знать:

- все используемые определения;
- формулировки всех именованных теорем.

уметь:

- воспроизводить доказательства всех именованных теорем;
- решать и обосновывать все типовые задачи.

владеть:

- используемой терминологией;
- используемым математическим аппаратом.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется на основе балльно-рейтинговой системы (БРС) оценки знаний по изучаемой дисциплине. БРС учитывает выполнение студентами совокупности домашних заданий и контрольных работ в соответствии с учебным планом. Данные о посещаемости и текущей успеваемости вносятся преподавателями в специальные журналы и учитываются в БРС.

Текущий контроль на основе домашних заданий осуществляется в течении учебного семестра в сроки, установленные Учебным управлением, в соответствии с учебным планом.

Для сдачи задания студент обязан предоставить решение задачи домашнего задания в письменной форме, ответить на вопросы преподавателя и написать контрольную работу по заданию, по которой проверяются знание понятий и утверждений по темам сдаваемого задания и умению решать задачи.

Во время выполнения контрольной работы нельзя пользоваться помощью других лиц, вычислительной техники и мобильными телефонами.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Линейное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами. Классификация.
2. Приведение к каноническому виду.
3. Уравнения Лапласа, Пуассона, волновое уравнение, теплопроводности и другие.
4. Общие решения. Преобразования, сохраняющие вид уравнения. Принцип суперпозиции решений.
5. Тиражирование решений. Автомодельные решения. Примеры.
6. Линейное уравнение второго порядка с переменными коэффициентами.
7. Замена независимых переменных и приведение к каноническому виду уравнения с двумя независимыми переменными.
8. Классификация в точке и в области. Характеристики.

9. Постановка задач математической физики. Типичные задачи. Краевые и начальные условия.
10. Задачи: Коши, краевые, смешанные.
11. Многомерные операторы сдвига. Свойства. Применения.
12. Задача Коши и представление ее решения для линейного уравнения с частными производными первого порядка.
13. Решение задачи Коши (волновое уравнение; уравнение теплопроводности) для квазимоночленных входных данных.
14. Задача Коши для уравнения колебаний струны ($n=1$). Формула Даламбера.
15. Задачи для полуограниченной прямой.
16. Задача Коши для волнового уравнения ($n=3$). Формула Кирхгофа.
17. Задача Коши для уравнения колебаний мембраны ($n=2$). Формула Пуассона (метод спуска). Единственность решения задачи Коши.
18. Линейное гиперболическое уравнение с частными производными высокого порядка и с двумя независимыми переменными. Задача Коши и представление ее решения. Характеристики.
19. Линейная гиперболическая система уравнений с частными производными первого порядка и с двумя независимыми переменными. Задача Коши и представление ее решения. Характеристики.
20. Смешанная задача для уравнения колебаний струны на отрезке. Единственность решения.
21. Принцип суперпозиции решений и метод разделения переменных.
22. Задача с данными на характеристике (задача Гурса).
23. Задача Штурма--Лиувилля на отрезке. Функция Грина оператора Штурма--Лиувилля.
24. Уравнения Лапласа, Пуассона и Гельмгольца. Гармонические функции и их свойства.
25. Принцип максимума. Преобразование Кельвина.
26. Лапласиан в полярных, цилиндрических и сферических координатах.
27. Фундаментальные решения ($n=1$, $n=2$, $n \geq 4$) и дельта-функция.
28. Основные краевые задачи (внутренние; внешние): задача Дирихле; задача Неймана.
29. Теоремы единственности. Формулы Грина. Функция Грина задачи Дирихле.
30. Представление решения задачи Дирихле (в круге и шаре, в полуплоскости и полупространстве) через краевые значения.
31. Конформные отображения и их использование для решения задачи Дирихле и для построения функции Грина.
32. Метод разделения переменных и решение краевых задач в R^2 .

Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые были самостоятельно обнаружены и исправлены;

оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые после указания экзаменатора были самостоятельно исправлены;

оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает неточности в ответе или делает несущественные ошибки при решении задач;

оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает небольшие ошибки в ответе и (или) при решении задач;

оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но отвечает неуверенно и (или) допускает ошибки при решении задач;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, если при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеющему некоторыми разделами учебной программы, но умеющему применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач;

оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, показавшему полное незнание учебной программы дисциплины.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, предусмотренных программой дисциплины, с учетом набранных очков по БРС.

Время проведения письменного экзамена составляет четыре астрономических часа. Во время проведения письменного экзамена обучающиеся могут пользоваться только ручкой, карандашом и бумагой.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Постановка задачи Коши для гиперболического в заданной области линейного дифференциального уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными. Полуклассическое решение этой задачи в характеристических переменных, его существование и единственность.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Пространства $\mathcal{D}(G)$ и $\mathcal{D}'(G)$ для открытого множества $G \subseteq \mathbb{R}^m$. Обобщённое дифференцирование в $\mathcal{D}'(G)$, теорема о равенстве обобщённых и классических производных порядка не выше N в $\mathcal{D}'(G) \cap C^N(G)$.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Постановка обобщённой задачи Коши в пространстве $\mathcal{D}'(\mathbb{R} \times \mathbb{R}^m)$. Теорема о корректности обобщённого решения этой задачи: достаточно гладкое обобщённое решение является и классическим решением.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Нефинитность классического преобразования Фурье нетривиальной функции из $\mathcal{D}(\mathbb{R})$. Пространство Л. Шварца $\mathcal{S}(\mathbb{R}^m)$ и плотность $\mathcal{D}(\mathbb{R}^m)$ в нём. Классическое преобразование Фурье как линейное непрерывное преобразование пространства $\mathcal{S}(\mathbb{R}^m)$ и теорема обращения.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Пространство обобщённых функций $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^m)$. Обобщённое преобразование Фурье в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^m)$ по всем или по части переменных, и его свойства, связанные с операцией обобщённого дифференцирования.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Свёртка обобщённых функций в пространстве $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^m)$. Лемма о дифференцировании действия обобщённой функции на гладко зависящую от параметра основную функцию. Дифференцирование свёртки обобщённых функций.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Лемма об интегрировании действия. Преобразование Фурье обобщённой функции как действие на комплексную экспоненту. Преобразование Фурье свёртки обобщённых функций.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Функция Грина линейного дифференциального оператора в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^m)$. Достаточное условие существования единственной функции Грина. Функция Грина оператора $\Delta - k^2$ в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$ для фиксированного $k > 0$, и её предел при $k \rightarrow +0$ как функция Грина оператора Лапласа.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Метод регуляризации и вычисление функции Грина оператора Гельмгольца $\Delta + k^2$ в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$ для фиксированного $k > 0$, и её предел при $k \rightarrow +0$ как функция Грина оператора Лапласа.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Функция Грина оператора Лапласа в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$ и вычисление в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$ обобщённого решения уравнения Пуассона с абсолютно интегрируемым на \mathbb{R}^3 источником, формула Пуассона.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Вторая гладкость на открытом множестве $G \subset \mathbb{R}^3$ обобщённого решения уравнения Пуассона в $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$ с абсолютно интегрируемым на \mathbb{R}^3 и непрерывно-дифференцируемым на G источником.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Вычисление методом регуляризации функции Грина оператора Даламбера в пространстве $\mathcal{S}'(\mathbb{R} \times \mathbb{R}^3)$ и обобщённое решение волнового уравнения с источником медленного роста, запаздывающий потенциал.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Формула Кирхгоффа решения обобщённой задачи Коши для однородного волнового уравнения в $S'(\mathbb{R} \times \mathbb{R}^3)$ при начальных условиях медленного роста. Достаточные условия, при которых обобщённое решение становится классическим.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Сопряжённый оператор линейного оператора в гильбертовом пространстве. Область определения сопряжённого оператора. Теорема Фредгольма о связи множества значений линейного оператора и ядра его сопряжённого. Теорема о связи графиков линейного оператора и его сопряжённого.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Критерий замыкаемости плотно определённого линейного оператора в гильбертовом пространстве. Пример незамыкаемого плотно определённого оператора. Замыкаемость оператора Лапласа $\Delta: C^2(\overline{G}) \rightarrow L_2(G)$ для ограниченной области $G \subset \mathbb{R}^m$ с кусочно-гладкой границей.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Неравенство Фридрихса для функции $f \in C^1(\overline{G})$ и выпуклой ограниченной области $G \subset \mathbb{R}^m$ с кусочно-гладкой границей. Задача Дирихле в круге $K \subset \mathbb{R}^2$ для замыкания оператора Лапласа $\Delta: C^2(\overline{K}) \rightarrow L_2(K)$, существование и единственность её решения.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа—Бельтрами на сфере $S \subset \mathbb{R}^3$, сферические функции. Ортогональный базис в пространстве $L_2(S)$ из сферических функций.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Неравенство Фридрихса для функции $f \in C^1(\overline{G})$ и выпуклой ограниченной области $G \subset \mathbb{R}^m$ с кусочно-гладкой границей. Задача Дирихле в шаре $B \subset \mathbb{R}^3$ для замыкания оператора Лапласа $\Delta: C^2(\overline{B}) \rightarrow L_2(B)$, существование и единственность её решения.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Самосопряжённый линейный оператор в гильбертовом пространстве, его плотная определённость, замкнутость и симметричность. Пример несамосопряжённого замкнутого плотно определённого симметричного оператора. Вещественность спектра самосопряжённого оператора.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Спектральное разложение и самосопряжённость замыкания симметричного линейного оператора, обладающего ортогональным базисом в гильбертовом пространстве из своих собственных функций. Функция от замыкания такого оператора.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Начально—краевая задача для однородного уравнения Шрёдингера с самосопряжённым линейным оператором в гильбертовом пространстве. Метод Фурье решения этой задачи и критерий её разрешимости. Оператор эволюции.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Собственные числа и собственные функции оператора Лапласа в круговом секторе при однородном граничном условии. Функции Бесселя. Свойство ортогональности и свойства нулей функций Бесселя.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Ортогональный базис в пространстве $\mathbb{L}_2(G)$ из собственных функций оператора Лапласа в круговом секторе $G \subset \mathbb{R}^2$ при однородном граничном условии.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Компактные самосопряжённые операторы в гильбертовом пространстве. Теорема Гильберта—Шмидта. Резольвента компактного самосопряжённого оператора.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25

Дисциплина: Уравнения математической физики

(Поток Р.В. Константинова, ФОПФ)

Симметричный оператор Штурма–Лиувилля и критерий его обратимости. Замыкание оператора, обратного к оператору Штурма–Лиувилля, как самосопряжённый компактный оператор. Теорема Стеклова.

3 курс, 6 семестр, 2018/2019 уч. г.

Одобрено на заседании кафедры 15 мая 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ: _____ Заведующий кафедрой ИВАНОВ Г.Е.

ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

- 1.③ В пространстве $\mathcal{S}(\mathbb{R}^2)$ преобразование Фурье \mathcal{F} имеет вид

$$\mathcal{F}[\varphi(x, y)](\xi, \zeta) = \int_{\mathbb{R}^2} e^{i(x\xi + y\zeta)} \varphi(x, y) dx dy, \quad \varphi \in \mathcal{S}(\mathbb{R}^2).$$

Найти в пространстве $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^2)$ обобщённое преобразование Фурье

$$\mathcal{F}[\text{sign}(y)\delta(x + y)](\xi, \zeta).$$

- 2.③ В пространстве $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^2)$ найти решение задачи

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) u(t, x) = \frac{\delta(x) \theta(t)}{1 + t^2} + \frac{\delta(t)}{\sqrt{|x|}}, \quad t \in \mathbb{R}, \quad x \in \mathbb{R},$$

носитель которого содержится в полупространстве $\{(t, x) \in \mathbb{R}^2 : t \geq 0, x \in \mathbb{R}\}$.

- 3.③ В пространстве $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^4)$ найти решение задачи

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta_x \right) u(t, x) = \delta(x) \theta(t) \frac{\cos(t)}{\sqrt{t}}, \quad t \in \mathbb{R}, \quad x \in \mathbb{R}^3,$$

носитель которого содержится в полупространстве $\{(t, x) \in \mathbb{R}^4 : t \geq 0, x \in \mathbb{R}^3\}$.

- 4.④ Доказать, что для любого $\varepsilon > 0$ в пространстве $\mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$ уравнение

$$\Delta u(x) = \varepsilon u(x) + \theta(2 - |x|) |x|^{-4/3}, \quad x \in \mathbb{R}^3,$$

имеет единственное решение $u_\varepsilon(x) \in \mathcal{S}'(\mathbb{R}^3)$, и найти

$$u_0(x) = \lim_{\varepsilon \rightarrow +0} u_\varepsilon(x) \quad \text{в } \mathcal{S}'(\mathbb{R}^3).$$

5. ⑤ В гильбертовом пространстве $\mathcal{H} = \mathbb{L}_2([0, 1] \times [0, 1])$ рассматривается линейный оператор

$$A = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + i \frac{\partial}{\partial y} : D(A) \rightarrow \mathcal{H}$$

с областью определения

$$D(A) = \left\{ u(x, y) \in C^2([0, 1] \times [0, 1]) : u'_x|_{x=0} = u|_{x=1} = 0, \quad u|_{y=0} = -u|_{y=1} \right\}.$$

- а) ① Доказать, что оператор A симметричен на $D(A)$;
- б) ① Найти в \mathcal{H} ортогональный базис из собственных векторов A ;
- в) ① Найти область определения и спектральное разложение оператора \bar{A} ;
- г) ② Найти решение задачи

$$\frac{d}{dt}u(t) + (\bar{A})^2 u(t) = \exp(it), \quad t > 0, \quad u(t) \in D((\bar{A})^2),$$

$$u(+0) = 0.$$

6. ④ Область $K \subset \mathbb{R}^2$ в полярных координатах $x = r \cos \varphi$, $y = r \sin \varphi$, имеет вид

$$K = \left\{ 0 < \varphi < \frac{\pi}{2}, \quad 0 < r < 1 \right\}.$$

Оператор Лапласа $\Delta: D(\Delta) \rightarrow \mathbb{L}_2(K)$ имеет область определения

$$D(\Delta) = \left\{ f \in C^2(\bar{K}) : f|_{\varphi=0} = f'_\varphi|_{\varphi=\frac{\pi}{2}} = f|_{r=1} = 0 \right\}.$$

- а) ② Найти область определения и спектральное разложение оператора $\bar{\Delta}$;
- б) ② Для функции $v(x, y) = y$ при $(x, y) \in K$ найти решение задачи

$$i \frac{d}{dt}u(t) = \bar{\Delta}u(t) + v \cos(t), \quad t > 0, \quad u(t) \in D(\bar{\Delta}),$$

$$u(+0) = 0.$$

7. ④ Рассматривается оператор Лапласа $\Delta: C^2(B) \rightarrow \mathbb{L}_2(B)$, где B — замкнутый единичный шар в \mathbb{R}^3 с центром в нуле. Найти решение задачи

$$\bar{\Delta}u = 0, \quad u \in D(\bar{\Delta}), \quad u|_{\partial B} = x_1 \cos(x_3), \quad x = (x_1, x_2, x_3) \in \mathbb{R}^3.$$

8. ⑤ Интегральный самосопряжённый оператор $A: \mathbb{L}_2[0, 1] \rightarrow \mathbb{L}_2[0, 1]$ имеет вид

$$(Af)(x) = \int_0^x (4-t)xf(t)dt + \int_x^1 (4-x)tf(t)dt, \quad x \in [0, 1], \quad f \in \mathbb{L}_2[0, 1].$$

- а) ③ Найти в $\mathbb{L}_2[0, 1]$ ортогональный базис из собственных функций оператора A ;
- б) ① Найти спектральное разложение оператора A ;
- в) ① Для любой функции $g \in \mathbb{L}_2[0, 1]$ решить уравнение

$$4u = Au + g, \quad u \in \mathbb{L}_2[0, 1].$$

«СОГЛАСОВАНО»

Проректор по учебной работе и довузовской подготовке

А. А. Воронов

« ____ » _____ 2018

Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов

по дисциплине «Уравнения математической физики», 3 курс, 5 семестр,
дифференцированный зачет, кафедра высшей математики

Виды заданий	Сумма баллов
1. Контрольная работа № 1 по 1-му заданию	0 – 9
2. Контрольная работа № 2 по 2-му заданию	0 – 9
3. Задание № 1 (тетрадь и ее защита)	0 – 3
4. Задание № 2 (тетрадь и ее защита)	0 – 3
5. Проверка теоретических знаний (не более трёх лекционных контрольных)	0 – 3
6. Работа на семинарах	0 – 3
ИТОГО	0 – 30

Дифференцированный зачет выставляется по результатам работы в семестре в соответствии со следующей шкалой

Баллы БРС	Оценки	
29-30	10	отлично
27-28	9	
25-26	8	
23-24	7	хорошо
21-22	6	
19-20	5	
17-18	4	удовлетворительно
15-16	3	
10 – 14	2	неудовлетворительно
0 – 9	1	

Если сумма баллов за работу в семестре меньше 15, то в зачетную неделю студенту предоставляется возможность повысить свою оценку. Итоговая оценка не может быть повышена более чем на два балла по десятибалльной шкале.

Студенты, имеющие неудовлетворительную оценку к началу экзаменационной сессии, ликвидируют академическую задолженность в установленные для этого сроки. При этом итоговая оценка студента не может быть повышена более чем на два балла по десятибалльной шкале.

Регламент принятия домашних заданий и проведения зачета определяется «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов на кафедре высшей математики».

Зав. кафедрой

Г.Е. Иванов

Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов

Дисциплина: Уравнения математической физики, 3 курс, 6 семестр, экзамен.

Кафедра: высшей математики

№	Виды занятий	Сумма баллов
1.	Контрольная работа № 1 по сдаче 1 задания	0 – 9
2.	Контрольная работа № 2 по сдаче 2 задания	0 – 9
3.	Задание № 1	0 – 3
4.	Задание № 2	0 – 3
5.	Проверка теоретических знаний	0 – 3
6.	Работа на семинарах	0 – 3
7.	Письменная работа	0 – 30
8.	Итоговый контроль. Экзамен (устный ответ)	0 – 60
	ИТОГО	0 – 120

Сумма баллов Σ промежуточной аттестации вычисляется по формуле :

$\Sigma = \Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3 \leq 120$, где Σ_1 - за работу в семестре, ($0 \leq \Sigma_1 \leq 30$); Σ_2 - за письменную работу; $\Sigma_2 = 3 \cdot K$, $1 \leq K \leq 10$, K-оценка за письменную работу. Если письменная работа написана на 0 баллов, то $\Sigma_2 = 0$. Σ_3 - за устный экзамен; $\Sigma_3 = 6 \cdot n$, $3 \leq n \leq 10$, где n-оценка за устный экзамен. Если n=1 или 2, то итоговая оценка совпадает с n, при этом Σ_3 не вычисляется.

Соответствие оценок итоговой академической успеваемости балльно-рейтинговой системы.

Баллы БРС	Оценки	
112– 120	10	отлично
103 – 111	9	
94 – 102	8	
85 – 93	7	хорошо
76 – 84	6	
67 – 75	5	
54 – 66	4	удовлетворительно
41 – 53	3	
28 – 40	2	
0 – 27	1	неудовлетворительно

Регламент принятия домашних заданий и проведения экзамена определяется «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов на кафедре высшей математики».

Зав. кафедрой

_____ Г.Е. Иванов