

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДАЮ

_____/_____
«_____» _____ 20____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

для студентов специальности

14.05.01 «Ядерные реакторы и материалы»

Специализация «Ядерные реакторы»

Программа «Ядерные реакторы»

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ОПК-1 Знать: базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-ОПК-1 Уметь: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физикоматематический аппарат В-ОПК-1 Владеть: математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов

ПК-9	Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и	З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ
ПК-10	Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами	З-ПК-10 знать критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; У-ПК-10 уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; В-ПК-10 владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами

2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Дисциплина реализуется в рамках базовой части. Индекс дисциплины: Б1.Б.22

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: физика, математический анализ, комплексный анализ, функциональный анализ, дифференциальные уравнения, алгебра и геометрия.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: методы решения инженерно-физических задач, расчётно-экспериментальное обоснование режимов эксплуатации ядерных реакторов, инженерные расчеты и проектирование ядерных установок, квантовая механика и статистическая физика.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5,6 семестрах.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

	Семестр		
	№ 5_	№ 6_	Всего
	Количество часов на вид работы:		
Контактная работа обучающихся с преподавателем			
Аудиторные занятия (всего)	51	68	119
В том числе:			
<i>лекции</i>	34	34	68
<i>практические занятия</i>	17	34	51
<i>лабораторные занятия</i>	-	-	-
Промежуточная аттестация			
В том числе:			
<i>зачет</i>		-	-
<i>экзамен</i>	-	72	72
Самостоятельная работа обучающихся			
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	21	4	25
Всего (часы):	72	144	216
Всего (зачетные единицы):	2	4	6

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

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах				
		Очная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Раздел 1. Классификация уравнений с частными производными	3	2			3
1.1.	Тема: Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными.	2	1			1
1.2.	Тема: Дифференциальные уравнения со многими независимыми переменными.	1	1			2
2.	Раздел 2. Уравнения гиперболического типа	11	5			4
2.1.	Тема: Уравнение колебаний струны.	3	1			2
2.2.	Тема: Первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Существование и единственность решения. Метод разделения переменных.	5	3			1
2.3.	Тема: Задачи на бесконечной и полуограниченной струне.	3	1			1
3.	Раздел 3. Уравнения параболического типа	10	5			10
3.1.	Тема: Уравнения теплопроводности и диффузии.	2	1			2
3.2.	Тема: Первая краевая задача для уравнения теплопроводности на прямой.	3	2			2
3.3.	Тема: Принцип максимального значения для решения уравнения теплопроводности.	2	1			6
3.4.	Тема: Задача для уравнения теплопроводности на бесконечной и полуограниченной прямой.	3	1			4
3.	Раздел 3. Уравнения эллиптического типа	10	5			4
4.1.	Тема: Уравнение Лапласа. Постановка краевых задач для уравнения Лапласа.	2	1			1
4.2.	Тема: Гармонические функции	3	1			1

4.3.	Тема: Решение краевых задач для уравнения Лапласа. Метод Фурье.	3	2			1
4.4.	Тема: Функция точечного источника для уравнения Лапласа.	2	1			1
	Итого за 5 семестр:	34	17			21
5.	Волновые процессы в пространстве	10	10			2
5.1.	Тема: Уравнения гидродинамики и акустики.	4	2			1
5.2.	Тема: Распространение возмущений в пространстве и на плоскости	6	8			1
6.	Интегральные уравнения	24	24			2
6.1	Тема: Метод последовательных приближений	8	6			1
6.2	Тема: Теория Фредгольма	6	8			1
6.3	Тема: Интегральные уравнения с эрмитовыми ядрами.	4	4			-
6.4	Тема: Теорема Гильберта-Шмидта.	6	6			-
	Итого за 6 семестр:	34	34			4
	Всего:	68	51			25

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Раздел 1. Классификация уравнений с частными производными	
1.1.	Тема: Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными.	Классификация и приведение к каноническому виду уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.
1.2.	Тема: Дифференциальные уравнения со многими независимыми переменными.	Классификация и приведение к каноническому виду уравнений с частными производными второго порядка со многими независимыми переменными. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами.
2.	Раздел 2. Уравнения гиперболического типа	
2.1.	Тема: Уравнение колебаний струны.	Уравнение малых поперечных колебаний струны (вывод). Уравнение малых продольных колебаний стержня (вывод). Постановка краевых задач для уравнения колебаний струны. Классификация краевых задач.
2.2.	Тема: Первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Существование и единственность решения. Метод разделения переменных.	Первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Однородное уравнение. Метод Фурье. Формальное решение. Обоснование метода Фурье. Неоднородное уравнение. Общая первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Метод редукции. Единственность решения первой краевой задачи для уравнения колебаний струны.
2.3.	Тема: Задачи на бесконечной и полуограниченной струне.	Задача для бесконечной струны. Однородное уравнение. Формула Даламбера. Устойчивость решения задачи для бесконечной струны. Корректность задач математической физики. Пример Адамара. Задача для полуограниченной струны. Метод продолжения начальных условий.
3.	Раздел 3. Уравнения параболического типа	
3.1.	Тема: Уравнения теплопроводности и диффузии.	Уравнения теплопроводности и диффузии на прямой и в пространстве (вывод). Постановка краевых задач.
3.2.	Тема: Первая краевая задача для уравнения теплопроводности на прямой.	Первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Однородное уравнение. Метод Фурье. Формальное решение. Обоснование метода Фурье. Неоднородное уравнение. Общая первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Метод редукции. Функция точечного источника.
3.3.	Тема: Принцип максимального значения для решения уравнения	Принцип максимального значения для решения уравнения теплопроводности. Единственность и устойчивость решения первой краевой задачи для уравнения теплопроводности.

	теплопроводности.	
3.4.	Тема: Задача для уравнения теплопроводности на бесконечной и полуограниченной прямой.	Задача для уравнения теплопроводности на бесконечной прямой. Функция точечного источника. Единственность решения задачи для уравнения теплопроводности на бесконечной прямой. Задача для уравнения теплопроводности на полуограниченной прямой. Метод продолжения начальных условий.
4.	Раздел 4. Уравнения эллиптического типа	
4.1.	Тема: Уравнение Лапласа. Постановка краевых задач для уравнения Лапласа.	Уравнения Лапласа и Пуассона. Задачи, приводящие к уравнениям Лапласа и Пуассона. Гармонические функции. Постановка краевых задач для уравнения Лапласа. Фундаментальное решение уравнения Лапласа.
4.2.	Тема: Гармонические функции	Первая и вторая интегральные формулы Грина. Интегральное представление дважды - непрерывно дифференцируемой функции. Свойства гармонических функций. Принцип максимального значения для гармонических функций. Единственность и устойчивость решения задачи Дирихле.
4.3.	Тема: Решение краевых задач для уравнения Лапласа. Метод Фурье.	Задача Дирихле для круга. Метод Фурье. Интеграл Пуассона. Задача Дирихле для прямоугольной области.
4.4.	Тема: Функция точечного источника для уравнения Лапласа.	Функция точечного источника для уравнения Лапласа. Решение задач Дирихле и Неймана. Функция точечного источника для сферы. Решение задачи Дирихле для сферы.
5.	Раздел 5. Волновые процессы в пространстве	
5.1.	Тема: Уравнения гидродинамики и акустики.	Описание течений жидкости и газа. Система уравнений гидродинамики. Уравнения акустики. Волновое уравнение. Представление решения волнового уравнения.
5.2.	Тема: Распространение возмущений в пространстве и на плоскости	Представление решения волнового уравнения. Задача Коши для волнового уравнения. Формула Пуассона. Метод спуска. Физическая интерпретация решения. Запаздывающий потенциал. Общая задача Коши. Характеристики. Задача о колебании ограниченных объемов. Свойства собственных значений и функций. Теорема Стеклова.
6.	Раздел 6. Интегральные уравнения	
6.1.	Тема: Метод последовательных приближений	Классификация интегральных уравнений. Интегральные операторы, их произведения, основные оценки, степени операторов. Решение интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода. Метод последовательных приближений. Повторные ядра. Резольвента ядра. Существование и единственность решения интегрального уравнения Вольтерра.
6.2.	Тема: Теория Фредгольма	Интегральные уравнения с вырожденными ядрами. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода с вырожденными ядрами. Распространение теории Фредгольма на интегральные

		уравнений Фредгольма 2-го рода с непрерывными ядрами. Альтернатива Фредгольма. Следствия из теорем Фредгольма.
6.3	Тема: Интегральные уравнения с эрмитовыми ядрами.	Существование характеристического числа эрмитова непрерывного ядра. Свойства собственных значений и функций.
6.4	Тема: Теорема Гильберта-Шмидта.	Теорема Гильберта-Шмидта для эрмитова непрерывного ядра. Билинейное разложение. Решение неоднородного интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода с эрмитовым непрерывным ядром. Положительно определенные ядра.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Раздел 1. Классификация уравнений с частными производными	
1.1.	Тема: Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными.	Приведение к каноническому виду уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.
1.2.	Тема: Дифференциальные уравнения со многими независимыми переменными.	Приведение к каноническому виду уравнений с частными производными второго порядка со многими независимыми переменными. Получение канонических форм линейных уравнений с постоянными коэффициентами.
2.	Раздел 2. Уравнения гиперболического типа	
2.1.	Тема: Уравнение колебаний струны.	Постановка краевых задач для уравнения колебаний струны.
2.2.	Тема: Первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Существование и единственность решения. Метод разделения переменных.	Решение задач для однородного и неоднородного уравнений с однородными краевыми условиями. Метод Фурье. Решение задач смешанного типа. Решение задач с неоднородными краевыми условиями. Метод редукции. Решение задач на установившийся режим.
2.3.	Тема: Задачи на бесконечной и полуограниченной струне.	Решение задачи для бесконечной струны методом распространяющихся волн. Решение задач для полуограниченной струны методом продолжения начальных условий. Решение задач для полуограниченной струны с неоднородным краевым условием. Изучение распространения граничного режима.
3.	Раздел 3. Уравнения параболического типа	
3.1.	Тема: Уравнения теплопроводности и	Постановка краевых задач. Теплообмен на боковой поверхности. Диффузия.

	диффузии.	
3.2.	Тема: Первая краевая задача для уравнения теплопроводности на прямой.	Решение задач для однородного и неоднородного уравнений с однородными краевыми условиями. Метод Фурье. Решение задач смешанного типа. Решение задач с неоднородными краевыми условиями. Метод редукции. Решение задач на установившийся режим.
3.3.	Тема: Принцип максимального значения для решения уравнения теплопроводности.	Применение принципа максимального значения при изучении вопросов корректности постановки задачи. Единственность и устойчивость решения.
3.4.	Тема: Задача для уравнения теплопроводности на бесконечной и полуограниченной прямой.	Решение задачи для уравнения теплопроводности на бесконечной прямой. Функция точечного источника. Решение задачи с неоднородным уравнением. Решение задач для полуограниченной прямой методом продолжения начальных условий. Задачи с неоднородным краевым условием.
4.	Раздел 4. Уравнения эллиптического типа	
4.1.	Тема: Уравнение Лапласа. Постановка краевых задач для уравнения Лапласа.	Постановка краевых задач для уравнения Лапласа. Решение простейших задач. Фундаментальное решение уравнения Лапласа.
4.2.	Тема: Гармонические функции	Построение гармонических функций в простейших случаях. Свойства гармонических функций. Принцип максимального значения для гармонических функций. Единственность и устойчивость решения задачи Дирихле.
4.3.	Тема: Решение краевых задач для уравнения Лапласа. Метод Фурье.	Применение метода Фурье. Решение задач для уравнения Лапласа в криволинейных областях. Задачи в прямоугольной области.
4.4.	Тема: Функция точечного источника для уравнения Лапласа.	Построение функции точечного источника для уравнения Лапласа. Решение задач Дирихле и Неймана.
5.	Раздел 5. Волновые процессы в пространстве	
5.1.	Тема: Уравнения гидродинамики и акустики.	Описание течений жидкости и газа. Система уравнений гидродинамики. Уравнения акустики. Волновое уравнение. Представление решения волнового уравнения.
5.2.	Тема: Распространение возмущений в пространстве и на плоскости	Решение задачи Коши для волнового уравнения. Формула Пуассона. Метод спуска. Запаздывающий потенциал. Применение метода Фурье для решения задач о колебании ограниченных объемов. Колебания круглой мембраны. Колебания сферы.
6.	Раздел 6. Интегральные уравнения	
6.1	Тема: Метод последовательных приближений	Метод последовательных приближений. Построение ряда Неймана. Повторные ядра. Резольвента ядра. Решение интегрального уравнения Вольтерра. Сведение уравнений Вольтерра к дифференциальным уравнениям и

		обратно
6.2	Тема: Теория Фредгольма	Интегральные уравнения с вырожденными ядрами Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода с вырожденными ядрами. Нахождение характеристических чисел и собственных функций. Распространение теории Фредгольма на интегральные уравнения Фредгольма 2-го рода с непрерывными ядрами. Альтернатива Фредгольма.
6.3	Тема: Интегральные уравнения с эрмитовыми ядрами.	Формула Шмидта. Свойства собственных значений и функций.
6.4	Тема: Теорема Гильберта-Шмидта.	Билинейное разложение. Решение неоднородного интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода с эрмитовым непрерывным ядром.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Интегральные уравнения. Практикум по решению задач (учебное пособие). ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Обнинск, 2014
2. Специальные функции в задачах математической физики (учебное пособие). ИАТЭ, Обнинск, 2009
3. Специальные функции и математическая физика (учебное пособие). ИАТЭ, Обнинск, 1997
4. Методические указания к выполнению домашних заданий по курсу «Уравнения математической физики» (учебное пособие). ИАТЭ, Обнинск, 1986
5. Методические указания для решения задач по курсу «Уравнения математической физики» (учебное пособие). ИАТЭ, Обнинск, 1986

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль, 5 семестр			
1.	Классификация уравнений с частными производными	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие	

		ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	
2.	Уравнения гиперболического типа	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	Контрольная работа №1,
3.	Уравнения параболического типа	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность	Контрольная работа №2,

		совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	
4.	Уравнения эллиптического типа	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	Контрольная работа №2,
Промежуточный контроль, 5 семестр			
	зачет	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	Зачетный билет

Всего:3			
Текущий контроль, 6 семестр			
5.	Волновые процессы в пространстве	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	Домашнее задание №1,
6.	Интегральные уравнения	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	Контрольная работа №3
Промежуточный контроль, 6 семестр			
	экзамен	Способность создавать теоретические и математические модели, описывающие нейтронно-	Экзаменационный билет

		физические процессы в реакторах, процессы гидродинамики и тепломассопереноса в активных зонах или воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды, системы учета, контроля ядерных материалов (ПК-1) Способность совершенствовать методы физического и математического моделирования ядерно-физических установок (ПСК-1.14)	
Всего:3			

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.2.1. Экзамен или зачет

Зачет, 5 семестр

а) типовые вопросы (образец):

1. Уравнение малых поперечных колебаний струны (вывод).
2. Постановка краевых задач для уравнения колебаний струны.
3. Первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Однородное уравнение.
4. Уравнение теплопроводности и диффузии (вывод).
5. Общая первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Метод редукции.
6. Принцип максимального значения для решения уравнения теплопроводности.
7. Задача Дирихле для круга. Метод Фурье.
8. Функция точечного источника для уравнения Лапласа.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ, с учётом характера будущей практической деятельности выпускника.

«ОТЛИЧНО» (35-40 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, четко формулирует ответ.

«ХОРОШО» (25-34 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих соображениях дает полноценный ответ на вопрос.

«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (20-24 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов.

«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (ниже 20 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос даже при дополнительных наводящих соображениях экзаменатора.

в) описание шкалы оценивания:

итоговая оценка по курсу выставляется в соответствии со следующей таблицей:

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по 4-х балльной шкале	Зачет	Оценка (ECTS)	Градация
90 - 100	5 (отлично)	Зачтено	A	Отлично
85 - 89	4 (хорошо)		B	Очень хорошо
75 - 84			C	Хорошо
70 - 74	3 (удовлетворительно)		D	Удовлетворительно
65 - 69			E	
60 - 64				F
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено		

Экзамен, 6 семестр

а) типовые вопросы (образец):

1. Первая краевая задача для уравнения колебаний струны. Неоднородное уравнение.
2. Первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Однородное уравнение.
3. Первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Неоднородное уравнение.

4. Общая первая краевая задача для уравнения теплопроводности. Метод редукции.
5. Принцип максимального значения для решения уравнения теплопроводности.
6. Функция точечного источника для уравнения Лапласа.
7. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений Фредгольма 2-го рода с вырожденными ядрами.
8. Теорема Гильберта-Шмидта.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ, с учётом характера будущей практической деятельности выпускника.

«ОТЛИЧНО» (35-40 баллов) - студент владеет знаниями предмета в соответствии с рабочей программой, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на вопросы, четко формулирует ответ.

«ХОРОШО» (25-34 баллов) - студент владеет знаниями дисциплины почти в полном объеме программы (имеются пробелы знаний только в некоторых, особенно сложных разделах); самостоятельно и отчасти при наводящих соображениях дает полноценный ответ на вопрос.

«УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (20-24 баллов) - студент владеет основным объемом знаний по дисциплине; проявляет затруднения в самостоятельных ответах, оперирует неточными формулировками; в процессе ответов допускаются ошибки по существу вопросов.

«НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» (ниже 20 баллов) - студент не освоил обязательного минимума знаний предмета; не способен ответить на вопрос даже при дополнительных наводящих соображениях экзаменатора.

в) описание шкалы оценивания:

итоговая оценка по курсу выставляется в соответствии со следующей таблицей:

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по 4-х балльной шкале	Зачет	Оценка (ECTS)	Градация
90 - 100	5 (отлично)	Зачтено	A	Отлично
85 - 89	4 (хорошо)		B	Очень хорошо
75 - 84			C	Хорошо
70 - 74			3 (удовлетворительно)	D
65 - 69	E			Посредственно
60 - 64				
Ниже 60	2	Не	F	Неудовлетворитель

	(неудовлетворительно)	зачтено		но
--	-----------------------	---------	--	----

6.2.2. Контрольная работа №1

а) типовые задания (образец):

Вариант 1

1. Методом разделения переменных решить задачу для ограниченной струны:

$$u_{tt} = u_{xx} \quad (0 < x < 1, t > 0), \quad u(x, 0) = 2x + 2, \quad u_t(x, 0) = 0, \quad u(0, t) = 2, \quad u(1, t) = 5 \cdot t + 4$$

2. . Решить задачу Коши для бесконечной струны:

$$u_{tt} = 4u_{xx}, \quad (-\infty < x < \infty, t > 0), \quad u(x, 0) = x^2, \quad u_t(x, 0) = x$$

Вариант 2

1. Методом разделения переменных решить задачу для ограниченной струны:

$$u_{tt} = u_{xx} \quad (0 < x < 1, t > 0), \quad u(x, 0) = 4x + 3, \quad u_t(x, 0) = 0, \quad u(0, t) = -t + 3, \quad u(1, t) = 7$$

2. . Решить задачу для полуограниченной струны:

$$u_{tt} = u_{xx}, \quad (0 < x < \infty, t > 0), \quad u(0, t) = 0, \quad u(x, 0) = x^2, \quad u_t(x, 0) = x$$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 30%, элемент умения — в 40%/, а элемент владения (навыка) — в 30%.

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1 и 2 вопрос составляют 60 и 40 баллов соответственно, при полной оценке работы равной 100 баллам.

6.2.3. Контрольная работа №2

а) типовые задания (образец):

Вариант 1

1. Решить задачу для уравнения теплопроводности:

$$u_t = u_{xx} \quad (0 < x < 1, t > 0), \quad u(x, 0) = 2x + 2, \quad u(0, t) = 2, \quad u(1, t) = 5$$

2. Найти решение уравнения Лапласа в прямоугольнике $0 < x < a, 0 < y < b$, если на границе этого прямоугольника выполнены условия:

$$u(0, y) = u_1, \quad u(a, y) = 0, \quad u(x, 0) = B \sin \frac{\pi x}{a}, \quad u(x, b) = 0.$$

Вариант 2

1. Решить задачу для уравнения теплопроводности:

$$u_t = u_{xx} \quad (0 < x < 1, t > 0), \quad u(x, 0) = 6x + 6, \quad u(0, t) = 6, \quad u(1, t) = 9$$

2. Найти решение $u(r, \varphi)$ внутренней задачи Дирихле в секторе $0 \leq r \leq 1, 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{8}$ с краевым условием $u(1, \varphi) = 1, u(r, 0) = 6, u\left(r, \frac{\pi}{8}\right) = 6$.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 30%, элемент умения — в 40%/, а элемент владения (навыка) – в 30%.

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1 и 2 вопрос составляют 40 и 60 баллов соответственно, при полной оценке работы равной 100 баллам.

6.2.4. Контрольная работа №3**а) типовые задания (образец):****Вариант 1**

1. Записать решения интегральных уравнений используя резольвенту.
- $$\varphi(x) = \lambda \int_0^1 (x-y) \varphi(y) dy + \frac{x^2}{2}.$$

Определить значения параметров α и β , для которых разрешимы интегральные уравнения.

2. $\varphi(x) = \lambda \int_0^1 (x+y) \varphi(y) dy + \alpha e^x + \beta x.$

Вариант 2

Найти все характеристические числа и собственные функции интегрального уравнения.

1. $\varphi(x) = \lambda \int_0^1 (x^2 y^2) \varphi(y) dy.$
2. Решить интегральное уравнение с вырожденным ядром.
- $$\varphi(x) - \lambda \int_0^1 x \ln y - y \ln x \varphi(y) dy = \frac{1-4x}{5}.$$

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 30%, элемент умения — в 40%/, а элемент владения (навыка) – в 30%.

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1 и 2 вопрос составляют по 50 баллов, при полной оценке работы равной 100 баллам.

6.2.5. Домашнее задание №1**а) типовые задания (образец):****Вариант домашнего задания**

1. Найти поперечные колебания прямоугольной мембраны ($0 < x < 1, 0 < y < 2$) с закрепленным краем, вызванные начальным отклонением
- $$u(x, y, 0) = xy(1-x)(2-y), \quad u_t(x, y, 0) = 0$$
2. Найти температуру бесконечного цилиндра радиуса r_0 , если начальная

температура равна U_0 , а на его поверхность подается постоянный тепловой поток плотности q_0

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В ответе на каждый вопрос элемент знания оценивается в 30%, элемент умения — в 40%, а элемент владения (навыка) – в 30%.

в) описание шкалы оценивания:

Ответы на 1 и 2 вопрос составляют по 50 баллов, при полной оценке работы равной 100 баллам.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

5 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30
	Контрольная работа № 1	18	30
	Контрольная точка № 2	18	30
	Контрольная работа № 2	18	30
Промежуточный	Зачет	24	40
	Вопросы к зачету	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Оценка «отлично» ставится за 90 — 100 баллов, «хорошо» за 75 – 89 баллов, «удовлетворительно» за 60 – 74 балла, «неудовлетворительно» за 0 — 59 итоговых баллов.

6 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30
	Домашнее задание №1	18	30
	Контрольная точка № 2	18	30
	Контрольная работа № 3	18	30
Промежуточный	Экзамен	24	40
	Вопросы к экзамену	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Оценка «отлично» ставится за 90 — 100 баллов, «хорошо» за 75 – 89 баллов, «удовлетворительно» за 60 – 74 балла, «неудовлетворительно» за 0 — 59 итоговых баллов.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. А.Н.Тихонов, А.А.Самарский, Уравнения математической физики. Москва, «Наука», физматлит, 2004.А.
2. Б.Васильева,Н. А.Тихонов, Интегральные уравнения. Москва, «Наука», физматлит, 2004
3. М.Л.Краснов, А.И. Киселев, Г.И.Макаренко, Интегральные уравнения, УРСС Москва, 2007.
4. А. Б.Васильева,Н. А.Тихонов, Интегральные уравнения. Москва, «Наука», физматлит, 2004
5. Б.М.Будак, А.А.Самарский,А.Н.Тихонов, Сборник задач по математической физике, Москва, «Наука», физматлит, 2003.
6. С.Г.Михлин, Курс математической физики, Санкт Петербург, 2002.

б) дополнительная учебная литература:

7. В.С.Владимиров, Уравнения математической физики, Москва, «Наука», физматлит, 1971.
8. С.Г.Михлин, Лекции по интегральным уравнениям, Москва, физматлит, 1959.
9. В.А.Тупчиев, Обобщенные решения законов сохранения, Москва, физматлит, 2006.
10. Г.Н.Пазин, Интегральные уравнения. Практикум по решению задач (учебное пособие). ИАТЭ НИЯУ МИФИ, Обнинск, 2014.
11. Г.Н.Пазин, Специальные функции в задачах математической физики (учебное пособие). ИАТЭ, Обнинск, 2009.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), полезных для освоения дисциплины

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>
<http://www.biblio-online.ru/>
<http://kuperbook.biblioclub.ru>
<http://www.studentlibrary.ru>
<http://library.mephi.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для современного специалиста важным является умение применять математические методы в практических задачах самого широкого спектра. Важным является умение самостоятельно приобретать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения, при этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

9.1. Советы по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины.

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции «Уравнения математической физики» в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

Подготовка к практическому занятию – 1 час.

9.2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»).

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции, не применялся на практических занятиях. Освоение материала лекции в этом случае происходит гораздо качественнее, поскольку по ходу лекции уже можно задать вопросы. В случае, когда избирается более традиционный путь следования изложению материала на лекции, для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

3. В течение недели выбрать время (1-час) для работы с литературой.

2. При подготовке к практическим занятиям следующего дня, необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме домашнего задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи. Если это не дало результатов, и Вы сделали задачу «по образцу» аудиторной задачи, или из методического пособия, нужно после решения такой задачи обдумать ход решения и опробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

9.3. Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса.

Рекомендуется использовать методические материалы по курсу уравнений с частными производными или уравнений математической физики, текст лекций преподавателя. Рекомендуется использовать электронные учебно-методические пособия по решению задач.

9.4. Рекомендации по работе с литературой.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по предмету. Полезно использовать несколько учебников. Рекомендуется стремиться к пониманию текста, а не формальному «заучиванию» материала, с этой целью рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему и кратко сформулировать для себя суть прочтенного. Доказательства теорем следует не заучивать, а «понять». С этой целью рекомендуется записать идею доказательства, составить план доказательства, попробовать доказать теорему самостоятельно, может быть другим способом, сравнить доказательство теоремы в конспекте и в учебнике

9.5. Советы по подготовке к зачету и экзамену.

При подготовке к зачету или экзамену следует повторить теорию: определения всех понятий и формулировки теорем, добиваясь понимания положений теории и практических методов решения и еще раз самостоятельно решить по несколько типовых задач из каждой темы.

При решении задач уметь проверять правильность полученного решения. В теоретических вопросах экзамена стараться выделить главное, самое существенное в результатах и в доказательстве. Не понятые моменты и вопросы теории выписать для прояснения на консультациях.

9.6. Указания по выполнению домашних заданий.

При выполнении домашних заданий необходимо сначала прочитать основные понятия и теоремы по теме задания. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи, попытаться запрограммировать. Если это не дало результатов, и Вы сделали задачу «по образцу» аудиторной задачи, или из методического пособия, нужно после решения такой задачи обдумать ход решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.

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

Электронная библиотека НИЯУ МИФИ

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

Учебная аудитория достаточной вместимости для потока (лекция) или группы (семинары), проектор и ноутбук.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Планомерная организация последовательности лекций и практических занятий в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов даются указания на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями. Систематические индивидуальные консультации.

12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

№	Темы для самостоятельного изучения	Литература	Число часов
1	Уравнение Бесселя. Цилиндрические функции	[1], [10], [11]	6
2	Полиномы Лежандра	[1], [10], [11]	4
3	Сферические функции	[1], [10], [11]	6

12.3. Краткий терминологический словарь

Не требуется.

Программу составил:

Г.Н. Пазин, доцент, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент:

Заведующий лаб. Математических методов ФИАЦ
ФГБУ «НПО «Тайфун», д.т.н, профессор Д. А. Камаев.