

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Утверждено:

на заседании кафедры ИТ и КМ
протокол № 11 от 26 июня 2018 г.

Зав. кафедрой

А.М. Болотнов

Согласовано:

Председатель УМК
факультета математики и ИТ

А.М. Ефимов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина

Численные методы решения задач математической физики

Вариативная часть

ПРОГРАММА МАГИСТРАТУРЫ

Направление подготовки (специальность):

01.04.02 – Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки:

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация — магистр

Разработчики (составители):

доктор физ.-мат. наук, профессор _____ / Лубышев Ф.В.

канд. физ.-мат. наук, доцент _____ / Файрузов М.Э.

Для приема 2018 г.

Уфа — 2018

Составители: доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры информационных технологий и компьютерной математики Лубышев Ф.В., кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры информационных технологий и компьютерной математики Файрузов М.Э.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры информационных технологий и компьютерной математики, протокол № 11 от 25.06.2018 г.

Заведующий кафедрой

Болотнов А.М.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	14
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	16
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	17
Приложение №1	18

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать современное состояние исследуемой проблемы.	ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	
	2. Знать основные принципы построения математических моделей.	ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.	
Умения	1 Уметь видеть и понимать пути дальнейшего развития теории и методов ее решения.	ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	
	2. Уметь формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать и анализировать полученные результаты.	ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.	
Владения (навыки / опыт деятельн	1. Владеть адекватным математическим аппаратом для ведения научно-	ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.	

ости)	исследовательской работы.		
	2. Владеть фундаментальными знаниями в области математического моделирования, навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении, способностью использовать полученные знания в профессиональной деятельности	ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.	

2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы решения задач математической физики» входит в вариативную часть цикла Б1.В.04 дисциплины (модуля).

Дисциплина «Численные методы решения задач математической физики» изучается в 3 семестре.

Изучение дисциплины «Численные методы решения задач математической физики» студентами очной формы обучения по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень магистратуры) осуществляется в составе цикла дисциплин направления Б1.В.04. Сроки, трудоемкость освоения дисциплины определены ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 911.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, сформированных в результате освоения студентами предшествующих дисциплин образовательной программы по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень бакалавриата): «Прикладной функциональный анализ», «Алгебра и геометрия», «Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Дифференциальные уравнения в частных производных» и тесным образом связана с дисциплинами «Численные методы», «Методы оптимизации и вариационное исчисление».

Целями освоения дисциплины «Численные методы решения задач математической физики» являются: выработать у студентов – магистрантов глубокие знания в области современной теории численных методов решения уравнений математической физики (УМФ) и задач оптимизации для УМФ; выработать глубокие знания наиболее используемых на практике методов численного решения УМФ, задач оптимального управления, обратных задач, их вычислительных аспектов с приложением к решению классов задач для УМФ;

выработать у студентов – магистрантов не только навыки самостоятельного изучения основных приемов и методик разработки методов, но и умение применять на практике полученные теоретические знания о широте возможностей численных методов для решения на ЭВМ различных (конкретных) классов математических задач, возникающих при решении конкретных проблем физики, техники, химии, биологии, экономики и т.д. на основе создания математических моделей процессов и их обоснования, разработки алгоритмов, а также создания программного обеспечения для решения этих задач.

Магистр по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» готовится к научно-исследовательской, проектной, производственно-технологической видам деятельности, связанным с использованием математики, программирования и информационно-коммуникационных технологий.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Процесс освоения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		«Не зачтено»	«Зачтено»		
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: основные концепции дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», принципы и методы обработки информации.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.	Неполные представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.	Сформированные систематические представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.

Второй этап (уровень)	Уметь: использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	Отсутствие умений или фрагментарные умения использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	В целом успешное, но не систематическое использование на практике знаний численных методов, не систематическое умение корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в использовании на практике знаний численных методов, в умении корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.	Сформированное умение использовать на практике знания численных методов, корректно формулировать задачи и обоснованно выбирать методы их решения.
Третий этап (уровень)	Владеть: численными методами и их применением для решения задач прикладного характера.	Отсутствие владения или фрагментарное владение численных методов и их применением для решения задач прикладного характера.	В целом успешное, но не систематическое применение численных методов и их применение для решения задач прикладного характера.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения численных методов и их применений для решения задач прикладного характера.	Успешное и систематическое применение численных методов и их применение для решения задач прикладного характера.

ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		«Не зачтено»	«Зачтено»		
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: основные концепции дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», принципы и методы обработки информации.	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.	Неполные представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.	Сформированные систематические представления об основных концепциях дисциплины «Численные методы решения задач математической физики», о принципах и методах обработки информации.

Второй этап (уровень)	Уметь: собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований в своей области.	Отсутствие умений или фрагментарные умения собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований в своей области.	В целом успешное, но не систематическое использование умения собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований в своей области.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использования умения собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований в своей области.	Сформированное умение собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований в своей области.
Третий этап (уровень)	Владеть навыками применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	Отсутствие владения или фрагментарное владение навыками применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	В целом успешное, но не систематическое применение навыков методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.	Успешное и систематическое применение навыков применения основных методов и моделей к задачам формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.

Показатели сформированности компетенции. Шкалы оценивания: для экзамена:
 «2» – «неудовлетворительно»;
 «3» – «удовлетворительно»;
 «4» – «хорошо»;
 «5» – «отлично».

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
<i>1-й этап:</i> Знания	1. Знать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-вычислительных технологии.	ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.	<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	2. Знать основные принципы системного подхода в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	3. Знать основные принципы математических методов в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	4. Знать основные методы и способы применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
<i>2-й этап:</i> Умения	1. Уметь применять в профессиональной деятельности современные информационно-вычислительных технологии.	ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.	<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	2. Уметь разрабатывать типовые алгоритмы на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	3. Уметь проектировать алгоритмы решения прикладных задач на основе системного подхода и математических методов в формализации решения.		<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>
	4. Уметь разрабатывать алгоритмы решения типовых задач на языках высокого уровня, с использованием системного подхода и математических методов.		<i>Лабораторные работы. Экзамен.</i>

3-й этап: Владеть навыкам и	1. Владеть методикой использования основных законов естественнонаучных дисциплин и современных информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности.	ПК-1: способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.	<i>Лабораторные работы.</i> <i>Экзамен.</i>
	2. Владеть практическими навыками применения системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы.</i> <i>Экзамен.</i>
	3. Владеть методами разработки информационных систем на основе системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы.</i> <i>Экзамен.</i>
	4. Обладать опытом применения основных методов системного подхода и математических методов в формализации решения прикладных задач.		<i>Лабораторные работы.</i> <i>Экзамен.</i>

Экзаменационные билеты

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета: 3 вопроса. Первый и второй вопросы – теоретический, третий вопрос – практический.

Примерный список экзаменационных вопросов.

1. Понятие о математическом моделировании и вычислительном эксперименте. Математическое моделирование процессов, описываемых уравнениями в частных производных. Постановка задач.
2. Стационарные физические процессы, протекающие в однородных и неоднородных, изотропных и анизотропных средах при наличии либо отсутствии внутренних источников субстанции. Уравнения эллиптического вида. Постановки основных краевых задач.
3. Нестационарные физические процессы. Уравнения параболического и гиперболического типов. Постановка основных начально-краевых задач.
4. Корректно и некорректно поставленные задачи математической физики. Классическое и обобщенное решения краевых и начально-краевых задач. Соболевские пространства.
5. Вариационные методы. Общие положения. Корректно и некорректно поставленные задачи минимизации функционалов; минимизирующие последовательности и их сходимость к непустому множеству. Постановка задач минимизации двух типов.
6. Операторные уравнения с положительными операторами в гильбертовом пространстве. Теоремы о единственности решений и о функционале энергии. Теорема о сходимости минимизирующей последовательности функционала энергии и оценка ее скорости сходимости для случая, когда оператор A уравнения $Au = f$ положительно определен в H .
7. Классический метод Ритца построения минимизирующей последовательности; теорема о минимуме функционала энергии в конечномерном пространстве. Теорема о минимизирующей последовательности, ее сходимости и оценке приближения.

8. Понятие об энергетическом пространстве H_A положительно определенного оператора и его структуре. Теорема о минимуме функционала энергии в H_A ; обобщенное решение операторного уравнения $Au = f$. Метод Рунге в энергетическом пространстве, теорема о сходимости метода в H_A к обобщенному решению. Применение вариационного метода к решению краевых задач для эллиптических уравнений; постановка задач, формулы Грина для дифференциальных выражений, неравенство Фридрихса; сведение краевых задач к операторным уравнениям с положительно определенными операторами: метод Рунге и его сходимость.
9. Метод конечных элементов. вариационного типа. Метод минимальных невязок и скорейшего спуска. Понятие о методе сопряженных градиентов.

Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет математики и информационных технологий
магистры 2 год, 1 семестр, 2018/2019 учебный год

Дисциплина Численные методы решения задач математической физики
Направление 01.04.02 – Прикладная математика и информатика

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Классический метод Рунге построения минимизирующей последовательности для функционала энергии.
2. Фундаментальная теорема А. А. Самарского о сходимости неявных стационарных методов простой итерации с параметром и методы Рундсона и релаксации.
3. Пусть $u(x) \in C^{(1)}[a, b]$, причем $u(a) = u(b) = 0$. Покажите, что справедливо неравенство Фридрихса

$$\int_a^b u^2(x) dx \leq c \int_a^b |u'(x)|^2(x) dx .$$

Зав. Кафедрой ИТ и КМ



А.М. Болотнов

Критерии оценки:

- «отлично» выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
- «хорошо» выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **«удовлетворительно»** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;
- **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Примеры контрольных заданий для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Пример контрольной работы.

1. Рассмотрите дифференциальную задачу

$$\begin{cases} \frac{du}{dx} + a(x)u(x) = f(x), & x \in (0,1), \\ u(0) = 0, & a(x), f(x) \in C^{(4)}[0,1]. \end{cases}$$

Считая, что функции y_i и f_i определены в узлах $x_i = ih$, $h = 1/N$, $i = 0, 1, \dots, N$, определите порядок аппроксимации на решениях разностной схемы:

а) $\frac{y_{i+1} - y_i}{h} + a_i y_i = f_i, \quad i = \overline{0, N-1}, y_0 = 0,$

б) $\frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2h} + a_i y_i = f_i, \quad i = \overline{1, N-1}, y_0 = 0, y_1 = hf_0,$

где $a_i = a(x_i)$, $f_i = f(x_i)$.

2. Дана краевая задача

$$\begin{aligned} -\frac{d^2 u}{dx^2} + cu &= f(x), & x \in (0,1), \\ u(0) = u(1) &= 0, & c = \text{const}. \end{aligned}$$

При каких c для решения этой задачи можно применять метод Рунге?

3. Покажите, что для краевой задачи

$$Lu = -\frac{d}{dx} \left(k(x) \frac{du}{dx} \right) + q(x)u = f(x), \quad 0 < x < 1,$$

$$u(0) = 0, \quad u(1) = 0,$$

где $0 < v \leq k(x) \leq v_1$, $0 \leq q(x) \leq v_2$, функционал энергии в методе Рунге имеет вид

$$J(u) = \int_0^1 \left[k(x) \left(\frac{du}{dx} \right)^2 + q(x)u^2 - 2fu \right] dx.$$

4. Для краевой задачи

$$-\frac{d}{dx}\left((1+x^2)\frac{du}{dx}\right)+e^x u = \cos x + x, \quad x \in (0,1),$$

$$u(0) = u(1) = 0,$$

на равномерной сетке постройте разностную схему методом аппроксимации функционала.

5. Для краевой задачи

$$-\frac{d}{dx}\left((1+e^x)\frac{du}{dx}\right)+(1+x^2)u = \sin x + x, \quad x \in (0,1),$$

$$u(0) = u(1) = 0,$$

на равномерной сетке постройте схему второго порядка аппроксимации методом сумматорного тождества.

Примеры лабораторных заданий

1. Для двумерного уравнения Пуассона $-\Delta u = f$ в шаровом слое $R_1 \leq r \leq R_2$ с краевыми условиями $u = 0$ при $r = R_1$, $r = R_2$ построить разностную схему второго порядка аппроксимации и решить полученную систему сеточных уравнений методом Рундсона.

2. Для начально-краевой задачи

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left((\cos^2 x + 0,1)\frac{\partial u}{\partial x}\right), \quad 0 < x < 1, 0 < t \leq T = 1,$$

$$u(x,0) = 1 - x, \quad u(0,t) = \cos t, u(1,t) = 0,$$

постройте устойчивую разностную схему второго порядка аппроксимации по h и τ (где h и τ – шаги пространственной и временной сеток). Найдите численное решение этой задачи.

3. Для краевой задачи

$$\frac{\partial}{\partial x}\left((1+x^2 y)\frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left((1+xy^2)\frac{\partial u}{\partial y}\right) = 0, \quad (x,y) \in (0,1) \times (0,1),$$

$$u(x,y) = \mu(x,y), \quad (x,y) \in \Gamma,$$

постройте устойчивую разностную схему второго порядка аппроксимации. Найдите численное решение этой задачи.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к занятиям и выполнении зачетных заданий с использованием рекомендованной учебно-методической литературы. В качестве дополнительных заданий предлагаются темы докладов.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

Основная литература:

1. Самарский, А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - Москва : Физматлит, 2005. - 160 с. - ISBN 978-5-9221-0120-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68976>.
2. Бахвалов, Н.С. Численные методы: анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения / Н.С. Бахвалов ; ред. И.М. Овчинниковой, Е.В. Шикина. - Москва : Наука, 1975. - 632 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456941>.
3. Марчук, Г.И. Методы вычислительной математики / Г.И. Марчук ; ред. Е.В. Шишкина. - Москва : Наука, 1977. - 458 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457019>.

Дополнительная литература:

4. Лебедев, В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика : учебное пособие / В.И. Лебедев. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Физматлит, 2005. - 294 с. - ISBN 5-9221-0092-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68363> (05.11.2018).
5. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации : учебник / Ф.П. Васильев. - Изд. нов., перераб. и доп. - Москва : МЦНМО, 2011. - Ч. 1. Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование. - 620 с. - ISBN 978-5-94057-707-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313>

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. www.gpntb.ru/— Государственная публичная научно-техническая библиотека.
2. www.nlr.ru/ — Российская национальная библиотека.
3. www.nns.ru/ — Национальная электронная библиотека.
4. www.rsl.ru/— Российская государственная библиотека.
5. www.microinform.ru/ — Учебный центр компьютерных технологий

Официальный интернет сайт Российской государственной библиотеки, содержащий обширный электронный каталог печатных изданий и предоставляющий доступ к оцифрованным изданиям www.rsl.ru

Официальный интернет сайт библиотеки Башкирского государственного университета, содержащий электронный каталог печатных изданий и предоставляющий доступ к оцифрованным изданиям www.bashlib.ru

Электронная библиотечная система, специализирующаяся на образовательной и научной литературе, а также электронных их изданиях www.biblioclub.ru.

Электронная библиотечная система издательства «Юрайт», специализирующаяся на образовательной и научной литературе, а также электронных их изданиях www.biblio-online.ru.

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2	3
<p>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации: аудитория № 515 (физико-математический корпус - учебное).</p> <p>5. Помещения для самостоятельной работы: читальный зал № 2 (физико-математический корпус), аудитория № 426 компьютерный класс (физико-математический корпус – учебное).</p>	<p>Аудитория № 515. Учебная мебель, доска.</p> <p>Аудитория № 426 Учебная мебель, доска, персональные компьютеры LenovoThinkCentreA70zIntelPentiumE 5800, 320 Gb, 19" – 13 шт., шкаф TLKTWP-065442-G-GY</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade; лицензии бессрочные, договор №104 от 17.06.2013 г.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензии бессрочные, договор №114 от 12.11.2014 г.</p> <p>3. Среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2017 (Условия лицензии на программное обеспечение Microsoft Visual Studio Community 2017, ссвободное программное обеспечение).</p> <p>4. AcademicEdition Networked Volume Licenses RAD Studio XE3 Professional Concurrent AppWaveEnglish; договор №263 от 07.12.2012 г.</p> <p>5. Python 3.7 (лицензия Python SoftwareFoundationLicense, ссвободное программное обеспечение)</p> <p>6. Язык программирования Go (лицензия BSD, свободное программное обеспечение).</p> <p>7. Язык программирования PHP (The PHP License, version 3.01, ссвободное программное обеспечение).</p> <p>8. СУБД MySQL (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение).</p> <p>9. Web-сервер Apache (Apache License, свободное программное обеспечение).</p> <p>10. Lazarus (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение).</p> <p>11. Браузер Google Chrome (лицензия BSD, свободное программное обеспечение).</p> <p>12. Архиватор 7-Zip. (лицензия GNU LGPL, свободное программное обеспечение).</p> <p>13. Текстовый редактор Notepad++ (лицензия GNU GPL, свободное программное обеспечение).</p> <p>14. Simply Linux x86_64 (лицензионный договор на программное обеспечение Simply Linux 8.2.0 и включенные для него программы для ЭВМ, свободное программное обеспечение).</p>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины – «Численные методы решения задач математической физики» на 3 семестр

очная форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции: профессор каф. ИТиКМ, д.ф.-м.н. Лубышев Ф.В.

Лабораторные работы: профессор каф. ИТиКМ, д.ф.-м.н. Лубышев Ф.В.

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	7/252
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	65.7
лекций	26
практических/ семинарских	
лабораторных	38
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	1.7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену/зачету	142.5

Формы контроля:

экзамен 3 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СРС			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	3-й семестр								
1	Часть I. Понятие о математическом моделировании и вычислительном эксперименте. Математическое моделирование процессов, описываемых уравнениями в частных производных. Постановка задач.		2		2	10	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
2	Стационарные физические процессы, протекающие в однородных и неоднородных, изотропных и анизотропных средах при наличии либо отсутствии внутренних источников субстанции. Уравнения эллиптического вида. Постановки основных		2		4	10	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе

	краевых задач.								
3	Нестационарные физические процессы. Уравнения параболического и гиперболического типов. Постановка основных начально-краевых задач.		2		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе
4.	Корректно и некорректно поставленные задачи математической физики. Классическое и обобщенное решения краевых и начально-краевых задач. Соболевские пространства.		2		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР
5.	Вариационные методы. Общие положения. Корректно и некорректно поставленные задачи минимизации функционалов; минимизирующие последовательности и их сходимости к непустому множеству. Постановка задач минимизации двух типов.		2		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР
6.	Операторные уравнения с положительными операторами в гильбертовом пространстве. Теоремы о единственности решений и о функционале энергии. Теорема о сходимости минимизирующей		2		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР

	последовательности функционала энергии и оценка ее скорости сходимости для случая, когда оператор A уравнения $Au = f$ положительно определен в H .								
7.	Классический метод Ритца построения минимизирующей последовательности; теорема о минимуме функционала энергии в конечномерном пространстве. Теорема о минимизирующей последовательности, ее сходимости и оценке приближения.		2		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР
8.	Понятие об энергетическом пространстве H_A положительно определенного оператора и его структуре. Теорема о минимуме функционала энергии в H_A ; обобщенное решение операторного уравнения $Au = f$. Метод Ритца в энергетическом пространстве, теорема о сходимости метода в H_A к обобщенному решению.		4		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР

	Вопросы устойчивости решения системы Рунца, оценки погрешности приближения.								
9.	Основные понятия теории разностных схем; сетки и сеточные функции, пространство сеточных функций, сеточные нормы; разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов, локальная и на сетке погрешности разностных аппроксимаций, погрешности аппроксимации с заданным порядком; постановка разностной задачи (разностных схем), погрешность разностной схемы, сходимость, порядки точности и аппроксимации разностной схемы, корректность, связь между устойчивостью, аппроксимацией и сходимостью.		4		4	6	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР
10	Методы построения разностных схем: интегро-интерполяционный метод (метод баланса); метод аппроксимации		4		4	11.5	1-2, 3-4	1	отчет по лабораторной работе, РГР

	квадратичного функционала; метод аппроксимации интегрального тождества (метод сумматорных тождеств); методы Ритца и Бубнова-Галеркина (вариационно-разностный метод или метод конечных элементов).								
	Всего часов:		26		38	65.5			