

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ НА
НЕОРТОГОНАЛЬНЫХ СЕТКАХ**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.03.02 Прикладная математика и
информатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	4	144	32	0	16	60	0	Э
Итого	4	144	32	0	16	0	60	

АННОТАЦИЯ

Курс является логическим продолжением курса «Численные методы» и во многом обобщает результаты, полученные в рамках указанного курса. Рассматривается применение аппарата математического моделирования для решения прикладных задач, связанных с описанием реальных физических процессов. Освещаются классические и современные методы построения сеточных аппроксимаций дифференциальных моделей со сложной геометрией. Большое внимание уделено применению метода конечных объемов на индексных и нерегулярных сетках. Подробно рассматривается метод динамической адаптации для численного решения нелинейных задач на сетках малой размерности.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются освоение основных идей численных методов основанных на применении неортогональных сеток при решении важных прикладных задач и использование данной методики как готового инструмента практической работы при проектировании и разработке систем матобеспечения, математической обработке данных технических, экономических и других задач, построении алгоритмов и организации вычислительных процессов на ЭВМ.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с материалами следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: численные методы, уравнения математической физики, линейная алгебра, математический анализ.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам численных методов, практикума на ЭВМ, римановой геометрии и тензорного анализа. Необходимо уметь работать с матрицами, решать дифференциальные и интегральные уравнения, знать дифференциальное и интегральное исчисление, владеть различными высокоуровневыми языками программирования.

Полученные в результате освоения данной дисциплины навыки и знания используются, при подготовке дипломных проектов, при проведении научно-поисковых исследований.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	3-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ

	и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
УК-3 [1] – Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	З-УК-3 [1] – Знать: основные приемы и нормы социального взаимодействия; основные понятия и методы конфликтологии, технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии У-УК-3 [1] – Уметь: устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе; применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды В-УК-3 [1] – Владеть: простейшими методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде
УК-6 [1] – Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	З-УК-6 [1] – Знать: основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни У-УК-6 [1] – Уметь: эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения В-УК-6 [1] – Владеть: методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социо-культурных и профессиональных знаний, умений, и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование этического мышления и профессиональной ответственности ученого (В2)	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.
Духовно-нравственное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование личностно-центрированного подхода в профессиональной коммуникации, когнитивно-поведенческих и практико-ориентированных навыков, основанных на общероссийских	1. Использование воспитательного потенциала базовых гуманитарных дисциплин. 2. Разработка новых инновационных курсов гуманитарной и междисциплинарной направленности.

<p>Профессиональное и трудовое воспитание</p>	<p>традиционных ценностях (В3) Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов</p>

	<p>отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических</p>

		задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/0/8		25	КИ-8	З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, З-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
2	Раздел 2	9-16	16/0/8		25	КИ-16	З-УК-1, У-УК-1, В-

							УК-1, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/0/16		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-3, У-УК-3, В-УК-3, 3-УК-6, У-УК-6, В-УК-6

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	0	16
1-8	Раздел 1	16	0	8
1 - 2	Тема 1. Основные понятия теории разностных схем	Всего аудиторных часов		

	<p>Дискретизация дифференциальных уравнений. Определения аппроксимации, устойчивости и точности разностных схем и теорема об их взаимосвязи. Методы построения разностных схем: метод конечных разностей, интегро-интерполяционный метод, проекционно-сеточные методы. Методы исследования устойчивости разностных схем. Метод рядов Фурье, метод энергетических неравенств, принцип максимума, спектральный метод. Пределы детализации и формулировка моделей сплошных сред. Методы повышения устойчивости явных схем для параболических уравнений. Уравнения газовой динамики. Лагранжевы и эйлеровы переменные.</p>	4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 5	<p>Тема 2. Методы численного решения одномерных уравнений диффузии Уравнение теплопроводности с нелинейной зависимостью коэффициента теплопроводности и источников тепла от температуры. Постановки задач с краевыми условиями. Аппроксимация уравнения теплопроводности на неравномерных пространственных сетках. Итерационные реализации метода прогонки для решения нелинейных систем сеточных уравнений теплопроводности. Постановка разностной задачи о формировании неподвижных фронтов для одномерной квазилинейной задачи теплопроводности с однородными граничными условиями.</p>	Всего аудиторных часов		
		6	0	3
		Онлайн		
		0	0	0
6 - 8	<p>Тема 3. Теоретические основы метода конечных элементов Метод конечных элементов. Метод взвешенных невязок Метод Бубнова-Галеркина. Обобщенные решения и слабая постановка задачи. Аппроксимация и сходимость метода Бубнова-Галеркина Вариационно-сеточные методы. Метод Ритца, метод наименьших квадратов. Метод конечных элементов. Двумерное уравнение Пуассона, линейная задача теории упругости. Разрывный метод Галеркина. Решение нестационарной задачи конвекции-диффузии.</p>	Всего аудиторных часов		
		6	0	3
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Раздел 2	16	0	8
9 - 11	<p>Тема 4. Метод конечных объемов для численного решения многомерных задач Постановка двумерной и трехмерной задач теплопроводности. Начальные условия. Краевые условия. Условия на контактных границах в сложных областях. Метод конечных объемов на индексных сетках. Конечно-объемная аппроксимация двумерного уравнения теплопроводности на четырехугольных сетках. Конечно-объемная аппроксимация трехмерных задач газовой динамики на индексных сетках.</p>	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Тема 5. Метод конечных объемов для стационарной	Всего аудиторных часов		

	задачи конвекции-диффузии Операторные формы записи стационарных уравнений конвекции диффузии. Свойства операторов диффузионного и конвективного переноса в консервативной, неконсервативной и симметричных формах. Метод конечных объемов для стационарной задачи конвекции диффузии на треугольных сетках. Многоугольники Вороного, триангуляция Делоне, сеточные операторы переноса, их свойства и связь между ними. Условия монотонности схем вида $C_{\{1,2\}} u + Du=f(x)$. Построение безусловно монотонных схем для стационарной задачи конвекции-диффузии.	4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Тема 6. Метод динамической адаптации для гиперболических уравнений Тема 6. Метод динамической адаптации для гиперболических уравнений Уравнения газовой динамики. Эйлеровы и лагранжевы переменные. Запись уравнений газовой динамики в произвольной нестационарной системе координат. Выбор функции преобразования. Принцип квазистационарности. Соотношения на разрывах и граничные условия. Построение разностной схемы для задачи газовой динамики в нестационарной системе координат. Расчет ударных волн без явного выделения разрыва. Расчет ударных волн с явным выделением разрыва.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
16	Тема 7. Метод динамической адаптации для параболических уравнений Запись дифференциальных моделей в подвижных системах координат. Принцип квазистационарности. Начальные и граничные условия в подвижных системах координат. Применение принципа квазистационарности для нелинейной задачи теплопроводности. Задача о формировании неподвижных фронтов. Задача о распространении тепловых волн. Динамическая адаптация в нелинейных уравнениях конвекции-диффузии. Уравнение Бакли — Леверетта. Уравнение Бюргерса.	Всего аудиторных часов		
		4	0	2
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации

Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
	Численное решение стационарной задачи конвекции диффузии Реализовать алгоритм численного решения тестовой задачи с использованием условно монотонной схемы второго порядка, безусловно монотонной схемы первого порядка и схемы второго порядка с монотонизатором.
	Численное решение задачи теплопроводности на индексной сетке Реализовать алгоритм численного решения тестовой задачи с использованием схемы с контрольными объемами и схемы с кусочно-линейной реконструкцией.
	Численное решение одномерных задач на подвижных сетках Реализовать алгоритм численного решения двух тестовых задач (на выбор: задача для уравнения Хопфа, уравнения нелинейной теплопроводности, задача Стефана, задача для уравнения Бакли-Лeverетта, Бюргерса).

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции и семинары проводятся в традиционной форме. При выполнении домашнего задания студенты широко используют компьютерные технологии. Часть занятий, в частности получение ряда важных постановок задач, проведения математических выкладок и анализа результатов проводится в интерактивной форме дискуссии и предполагает активное участие студентов в освоении материала. Обязательным требованием является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16
УК-3	З-УК-3	Э, КИ-8, КИ-16

	У-УК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-3	Э, КИ-8, КИ-16
УК-6	З-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-6	Э, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К 90 Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012
2. ЭИ Б 30 Численные методы : учебное пособие, Москва: Лаборатория знаний, 2020

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 Ч-67 Численные методы Кн.1 Численный анализ, Москва: Академия, 2013
2. 519 Ч-67 Численные методы Кн.2 Методы математической физики, Москва: Академия, 2013
3. 519 Ч-67 Численные методы решения уравнений с частными производными Ч.1 Разностные схемы для решения уравнения конвективного переноса (одномерное уравнение), С. А. Губин [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Лекционные и практические занятия проводятся с применением современных образовательных технологий. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

Большая часть лекционных и практических занятий проводится в интерактивной форме с привлечением мультимедийных технологий. В рамках занятий проводится активное обсуждение и анализ современных научных работ, вопросов и затруднений возникающих в процессе подготовки заданий.

На каждом занятии отмечается посещаемость студентов.

При изучении курса студентам рекомендуется внимательно ознакомиться с программой дисциплины, взять в библиотеке рекомендованную литературу.

2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Контроль по итогам

Рубежный контроль проводится дважды: в середине и в конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

Для допуска к экзамену необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Лекционные и практические занятия проводятся с применением современных образовательных технологий. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

Практика показала, что для наиболее эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины необходимо использовать интерактивные формы проведения занятий с привлечением мультимедийных технологий. В рамках занятий следует проводить активное обсуждение и анализ современных научных работ, проводить групповой поиск ответов на вопросы возникающие у студентов при подготовке заданий и во время лекционных занятий. Основным упором на лекционных занятиях должен делаться на понимание излагаемого материала и умение его использовать при выполнении заданий.

На каждом занятии следует отмечать посещаемость студентов. Рекомендуется не допускать студентов до сдачи контрольных мероприятий регулярно пропускающих занятия.

На первом занятии необходимо ознакомить студентов с программой дисциплины, а также предложить литературу, которая потребуется для успешного освоения материала.

2. Организация контроля успеваемости студентов

Организация контроля успеваемости студентов проводится с использованием фонда оценочных средств по данной дисциплине (ФОС). Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

При проведении текущего контроля успеваемости по дисциплине используются

- Контроль по итогам

Рубежный контроль проводится дважды: в середине и в конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

Для допуска к экзамену необходимо закрыть на положительную оценку все предложенные в рамках текущего контроля задания.

Автор(ы):

Шильников Кирилл Евгеньевич