

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

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
6	2	72	15	15	0		42	0	3
Итого	2	72	15	15	0	10	42	0	

АННОТАЦИЯ

В рамках данного курса изучаются: основные понятия теории разностных схем; разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов; применение метода конечных разностей для решения волнового уравнения и уравнения теплопроводности; принципы построения разностных схем для системы уравнений газовой динамики; решение многомерных задач разностными методами.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Численные методы и математическое моделирование» являются:

изучение численных методов, используемых для моделирования физических процессов. В состав курса входят разностные методы решения уравнений математической физики: уравнения теплопроводности, волнового уравнения, а также полной системы уравнений газовой динамики. Изучаются типовые разностные схемы для решения одномерных и многомерных задач.

При проведении занятий по курсу ставится следующая учебная задача: научить студентов в рамках данного курса использованию численных разностных методов при решении задач математического моделирования физических процессов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного освоения программы данной дисциплины требуется повторение изученных материалов по следующим дисциплинам (в скобках указываются содержательные разделы, полезные для изучения данной дисциплины) :

- "Языки программирования и методы трансляции: инструментальные методы математического моделирования" Создание главного меню. Разработка приложения с несколькими формами и диалоговыми панелями. Представление результатов выполнения программы в табличном графическом виде, использование меню и окон для ввода данных на примере программы приближенного вычисления интеграла).

- "Языки программирования и методы трансляции: интегрированные среды математического моделирования" (Интерполяция и приближение функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Кубический сплайн. Метод наименьших квадратов. Метод прогонки для решения системы алгебраических уравнений. Численное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Разностная методика. Решение систем линейных уравнений. Методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений. Метод простых итераций. Метод Ньютона. Метод наискорейшего спуска для нелинейных систем уравнений).

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2 [1] – Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	З-ОПК-2 [1] – Знать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности У-ОПК-2 [1] – Уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-2 [1] – Владеть навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-3 [1] – Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	З-ОПК-3 [1] – Знать современные средства представления результатов научно-технической деятельности, в том числе в форме отчетов, публикаций, презентаций, докладов. У-ОПК-3 [1] – Уметь использовать современные средства для представления результатов деятельности, составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты). В-ОПК-3 [1] – Владеть навыками представления результатов научно-технической деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, публикаций.
ОПК-4 [1] – Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	З-ОПК-4 [1] – Знать принципы, методы и средства сбора и обработки научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач на основе информационной и библиографической культуры. У-ОПК-4 [1] – Уметь осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач с применением информационно-коммуникационных технологий. В-ОПК-4 [1] – Владеть навыками сбора, обработки и анализа научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач
ОПК-6 [1] – Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	З-ОПК-6 [1] – Знать основные языки программирования и методы алгоритмизации, современные технические и программные средства для разработки компьютерных программ У-ОПК-6 [1] – Уметь применять методы алгоритмизации и современные технологии программирования для решения практических задач в различных областях науки

	и техники В-ОПК-6 [1] – Владеть навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, отладки и тестирования разработанных программных комплексов для решения научно-практических задач.
--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов 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: - 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.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Основные понятия теории разностных схем	1-8	8/8/0	КИ-4 (10)	25	Т-8	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-

							ОПК-4, 3-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6
2	Принципы построения разностных схем	9-15	7/7/0	КИ-12 (10)	25	СК-15	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	3	У-ОПК-2, В-

							ОПК-2, 3-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ОПК-6, В-ОПК-6, У-ОПК-3, У-ОПК-6, 3-ОПК-2
--	--	--	--	--	--	--	---

* – 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
Т	Тестирование
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	15	0

1-8	Основные понятия теории разностных схем	8	8	0
1 - 3	Основные понятия теории разностных схем Основные понятия теории разностных схем. Разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Устойчивость разностной схемы. Методы практического исследования разностной схемы на устойчивость.	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		
4 - 8	Применение метода конечных разностей Применение метода конечных разностей для решения модельных уравнений. Обзор современных разностных методик решения волнового уравнения: уравнений теплопроводности, Лапласа; уравнений Бюргерса соответственно для невязкого и вязкого течений.	Всего аудиторных часов		
		4	4	
		Онлайн		
9-15	Принципы построения разностных схем	7	7	0
9 - 12	Принципы построения разностных схем Некоторые принципы построения разностных схем для системы уравнений газовой динамики. Понятие консервативности схемы. Полностью консервативные разностные схемы. Искусственная вязкость. Влияние вязкости на устойчивость разностных схем. Разностные схемы для решения волновых задач в упруго-пластических твердых средах.	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		
13 - 14	Монотонные разностные схемы Монотонные разностные схемы. Использование метода коррекции потоков для решения уравнений сохранения. Эйлеров и лагранжевы подходы. Устойчивость метода. Особенности применения методов для систем уравнений сохранения.	Всего аудиторных часов		
		3	3	
		Онлайн		
15	Многомерные задачи Решение многомерных задач разностными методами. Многомерные методики расщепления временного шага.	Всего аудиторных часов		
		1	1	
		Онлайн		

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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>

1 - 3	Основные понятия теории разностных схем Основные понятия теории разностных схем. Разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Устойчивость разностной схемы. Методы практического исследования разностной схемы на устойчивость.
4 - 8	Применение метода конечных разностей Применение метода конечных разностей для решения модельных уравнений. Обзор современных разностных методик решения волнового уравнения: уравнений теплопроводности, Лапласа; уравнений Бюргерса соответственно для невязкого и вязкого течений.
9 - 12	Принципы построения разностных схем Некоторые принципы построения разностных схем для системы уравнений газовой динамики. Понятие консервативности схемы. Полностью консервативные разностные схемы. Искусственная вязкость. Влияние вязкости на устойчивость разностных схем. Разностные схемы для решения волновых задач в упруго-пластических твердых средах.
13 - 14	Монотонные разностные схемы Монотонные разностные схемы. Использование метода коррекции потоков для решения уравнений сохранения. Эйлера и лагранжевы подходы. Устойчивость метода. Особенности применения методов для систем уравнений сохранения.
15 - 16	Многомерные задачи Решение многомерных задач разностными методами. Многомерные методики расщепления временного шага.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы используются следующие технологии:

- лекции по курсу традиционного типа, на которых применяется компьютерный проектор для иллюстраций сложных устройств, систем и алгоритмов;
- самостоятельная работа студентов
- практические занятия – практическая работа по созданию компьютерной программы в среде визуального программирования;
- интерактивные формы обучения в объеме 6 часов, в частности используются презентации, обсуждаются последние научные работы, новые численные методы и схемы, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным 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)
ОПК-2	З-ОПК-2	З, Т-8, СК-15, КИ-4, КИ-12
	У-ОПК-2	З, Т-8, СК-15, КИ-4, КИ-12
	В-ОПК-2	З, Т-8, СК-15, КИ-4, КИ-12
ОПК-3	З-ОПК-3	З, Т-8, СК-15
	У-ОПК-3	З, Т-8, СК-15
	В-ОПК-3	З, Т-8, СК-15
ОПК-4	З-ОПК-4	З, Т-8, СК-15
	У-ОПК-4	З, Т-8, СК-15
	В-ОПК-4	З, Т-8, СК-15
ОПК-6	З-ОПК-6	З, Т-8, СК-15
	У-ОПК-6	З, Т-8, СК-15
	В-ОПК-6	З, Т-8, СК-15

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 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«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.
--	-----------------------	--	--

Оценочные средства приведены в Приложении.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р 88 Вычислительная математика. Численные методы интегрирования и решения дифференциальных уравнений и систем : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2021
2. ЭИ Р 35 Математическое моделирование : Учебное пособие Для магистратуры, Москва: Юрайт, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Р 48 Исследование операций : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2013
2. 519 С17 Введение в численные методы : учебное пособие для вузов, А. А. Самарский, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Курс включает в себя лекционные и практические занятия. Для успешного освоения курса полезно вспомнить некоторые темы из курсов, связанных с использованием численных методов для решения математических и физических задач. На лекционных занятиях рассматриваются теоретические аспекты численных методов для решения физических задач. На практических занятиях студенты решают задачи, связанные с практической реализацией численных методов. Поощряется активное участие в обсуждении задач, а также умение своевременно задавать вопросы для прояснения всех непонятных моментов по пройденному

материалу. Помимо лекционных и семинарских занятий курс включает в себя самостоятельную работу студентов. Данное время отводится для самостоятельной переработки и повторения материала, выполнения домашних заданий, устранения долгов, накопленных во время семестра, а также для самостоятельной подготовки к сдаче зачета. Во время самостоятельной подготовки к сдаче теоретического материала студенты учатся работать с научной литературой.

Итоговые баллы складываются из: 1) результатов контрольной и тестового опроса; 2) результатов контроля посещаемости; 3) результатов оценки работы студента в интерактивном режиме.

Получение положительной оценки по каждой проверочной работе (контрольная и тестовый опрос) является необходимым условием получения итоговой положительной оценки. В случае пропуска или получения отрицательной оценки самостоятельная работа должна быть переделана и сдана во время зачетной недели в конце семестра. Положительная оценка (аттестация) каждого раздела необходима для допуска к зачету.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Преподавателю следует обратить внимание на следующие темы и разделы в этих темах.

Тема 1. Основные понятия теории разностных схем. Разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Порядок аппроксимации. Устойчивость разностной схемы. Методы практического исследования разностной схемы на устойчивость.

Тема 2. Применение метода конечных разностей для решения модельных уравнений. Обзор современных разностных методик решения волнового уравнения: уравнений теплопроводности, Лапласа; уравнений Бюргерса соответственно для невязкого и вязкого течений.

Тема 3. Некоторые принципы построения разностных схем для системы уравнений газовой динамики. Понятие консервативности схемы. Полностью консервативные разностные схемы. Искусственная вязкость. Влияние вязкости на устойчивость разностных схем. Разностные схемы для решения волновых задач в упруго-пластических твердых средах.

Тема 4. Монотонные разностные схемы. Использование метода коррекции потоков для решения уравнений сохранения. Эйлера и лагранжевы подходы. Устойчивость метода. Особенности применения методов для систем уравнений сохранения.

Тема 5. Решение многомерных задач разностными методами. Многомерные методики расщепления временного шага.

Автор(ы):

Масленников Александр Михайлович, к.т.н., с.н.с.

