

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ
КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО
НТС ИНТЭЛ Протокол №4 от 23.07.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление подготовки [1] 03.03.01 Прикладные математика и физика
(специальность)

Семестр	Трудоемкость, кредит.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./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 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
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
инновационный			
Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач	Природные и социальные явления и процессы	<p>ПК-5 [1] - Способен управлять программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.034</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать основные методы и принципы управления программами освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию в сфере своей профессиональной деятельности. ;</p> <p>У-ПК-5[1] - Уметь находить оптимальные решения при освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию. ;</p> <p>В-ПК-5[1] - Владеть навыками нахождения оптимальных решений для освоения новой продукции и технологии, разрабатывать эффективную стратегию</p>
конструкторско-технологический			
Контроль соответствия выполненных работ требованиям технического задания и соотношения получаемых	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики,	ПК-7 [1] - Способен к разработке прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований	З-ПК-7[1] - Знать текущее положение современных научных достижений, современные методы и алгоритмы для разработки и

результатов с известными мировыми разработками и образцами в данной области исследований	физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах научноемкого производства, управления и бизнеса	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.075, 24.078	адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований. ; У-ПК-7[1] - Уметь применять современные методы и алгоритмы для разработки научноемкого программного обеспечения.; В-ПК-7[1] - Владеть навыками разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований.
--	---	--	---

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 открытых 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/ Практик. (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		25	КИ-8	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Принципы построения разностных схем	9-15	7/7/0		25	КИ-15	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7,

						У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/0	50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр			50	3	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

* – 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
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 Онлайн 0	4 0	0
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 Онлайн 0	4 0	0
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 4 Онлайн 0	4 0	0
13 - 14	Монотонные разностные схемы Монотонные разностные схемы. Использование метода коррекции потоков для решения уравнений сохранения. Эйлеров и лагранжев подходы. Устойчивость метода.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0

	Особенности применения методов для систем уравнений сохранения.			
15	Многомерные задачи Решение многомерных задач разностными методами. Многомерные методики расщепления временного шага.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		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 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. Эйлеров и лагранжев 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 реализация 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 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)
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	З, КИ-8, КИ-15
ПК-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	З, КИ-8, КИ-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		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

65-69			
60-64	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.
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. 519 С17 Введение в численные методы : учебное пособие для вузов, Самарский А.А., Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009
2. ЭИ Р 88 Вычислительная математика. Численные методы интегрирования и решения дифференциальных уравнений и систем : , Русина Л. Г., Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ Р 48 Исследование операций : , Ржевский С. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ Р 35 Математическое моделирование : учебное пособие для вузов, Рейзлин В. И., Москва: Юрайт, 2022
5. 519 Р28 Численные методы : компьютерный практикум, Ращиков В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

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.

11. 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. Эйлеров и лагранжев 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.