

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В РЕШЕНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

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
4	2	72	15	30	0		27	0	3
Итого	2	72	15	30	0	0	27	0	

АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

изучение численных методов, используемых для моделирования физических процессов.

В состав курса входят: методы интерполяции и аппроксимации функций, заданных на отрезке аналитически или в виде набора значений; методы численного интегрирования; методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений; методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка; методы решения систем уравнений и т.д.

При изучении дисциплины ставится следующая учебная задача: научить студентов в рамках данного курса использованию численных методов при решении задач математического моделирования физических процессов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

изучение численных методов, используемых для моделирования физических процессов.

В состав курса входят: методы интерполяции и аппроксимации функций, заданных на отрезке аналитически или в виде набора значений; методы численного интегрирования; методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений; методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка; методы решения систем уравнений и т.д.

При изучении дисциплины ставится следующая учебная задача: научить студентов в рамках данного курса использованию численных 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) :

- "Информатика", 1-й семестр (Алфавит и словарь языка Паскаль, Стандартные библиотечные модули. Встроенные функции и процедуры. Массивы. Одномерные массивы. Описание пользовательских типов. Передача параметров-массивов в процедуры и функции. Многомерные массивы и операции над ними. Модуль Graph. Понятие текстового и графического экрана. Стандартные графические процедуры и функции.);

- "Информатика", 2-й семестр (Файлы. Текстовые файлы. Типизированные файлы. Описание, открытие, работа с файлами. Строковые выражения. Стандартные строковые процедуры и функции. Множества. Операции над множествами. Записи. Простые виды сортировки. Алгоритмы сортировки. Модули, определяемые пользователем. Описание, передача параметров, использование.).

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
научно-исследовательский			
Участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации	Природные и социальные явления и процессы	ПК-3 [1] - Способен применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011, 40.044, 40.104	З-ПК-3[1] - Знать численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач. ; У-ПК-3[1] - Уметь применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач.; В-ПК-3[1] - Владеть навыками решения дифференциальных и интегральных уравнений численными методами для физико-технических задач.
Выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и численные расчеты	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике,	ПК-4 [1] - Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.044, 40.104	З-ПК-4[1] - Знать основные методики и методы исследования в сфере своей профессиональной деятельности ; У-ПК-4[1] - Уметь анализировать и критически оценивать применяемые методики и методы исследования.; В-ПК-4[1] - Владеть навыками выбора и критической оценки

	технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса		применяемых методик и методов исследования в сфере своей профессиональной деятельности
производственно-технологический			
Участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей	Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-9 [1] - Способен к математическому и компьютерному моделированию объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	З-ПК-9[1] - Знать основные методы и принципы математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области, методы построения математических моделей типовых профессиональных задач, способы нахождения решений математических моделей и содержательной интерпретации полученных результатов. ; У-ПК-9[1] - Уметь использовать математическое и компьютерное моделирование для описания свойств и характеристик объектов, систем, процессов и явлений в избранной предметной области, профессионально интерпретировать смысл полученного результата.; В-ПК-9[1] - Владеть методами математического и компьютерного моделирования объектов, систем, процессов и явлений в избранной

			предметной области и содержательной интерпретации полученных результатов.
Разработка проектной и рабочей технической документации: плана работ, технического задания и научно-технического отчета	проектный Модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области математики, физики и других естественных и социально - экономических наук по профилям предметной деятельности в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства, управления и бизнеса	ПК-11 [1] - Способен разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию: план работ, техническое задание и научно-технический отчет в соответствии с требованиями работодателя. <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 26.003, 40.011, 40.044, 40.104	3-ПК-11[1] - Знать основные методики, цели и задачи научно-прикладных проектов, принципы разработки технической документации. ; У-ПК-11[1] - Уметь формулировать план исследований, распределения задач и этапов их решения, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с требованиями работодателя; В-ПК-11[1] - Владеть навыками разработки плана исследования и технической документации.

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	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская

	мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	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/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>4 Семестр</i>						
1	Приближение функций и численное	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-3,

	дифференцирование						У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
2	Численное интегрирование и решение дифференциальных уравнений	9-15	7/14/0		25	КИ-15	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		15/30/0		50		
	Контрольные				50	3	3-ПК-

	мероприятия за 4 Семестр						3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, 3-ПК- 9, У- ПК-9, В- ПК-9, 3-ПК- 11, У- ПК- 11, В- ПК- 11
--	--------------------------	--	--	--	--	--	---

* – 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:

Обозна чение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>4 Семестр</i>	15	30	0
1-8	Приближение функций и численное дифференцирование	8	16	0
1	Абсолютная и относительная погрешности Представление и запись числовой информации в памяти компьютера. Источники погрешностей и их классификация. Абсолютная и относительная погрешности. Вычисление погрешностей. Приближенные числа и действия с ними.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 4	Интерполяционные многочлены	Всего аудиторных часов		

	Интерполяция и приближение функций. Вычисление значений многочлена по схеме Горнера. Интерполяционные многочлены. Многочлен Фурье. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Оценка погрешности аппроксимации. Конечные и разделенные разности. Интерполяционный многочлен Ньютона. Расположение узлов интерполяции, минимизирующих оценку погрешности на отрезке. Многочлены Чебышева.	3	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Сплаины Сплаины. Кубический сплайн. Способы задания наклонов. Метод наименьших квадратов. Методика построения многочлена наилучшего среднеквадратичного приближения. Области применения различных методов интерполяции.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
7 - 8	Метод прогонки для решения системы алгебраических уравнений Численное дифференцирование. Вычисление погрешностей формул численного дифференцирования. Метод прогонки для решения системы алгебраических уравнений.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
9-15	Численное интегрирование и решение дифференциальных уравнений	0	0	0
		7	14	0
		Онлайн		
9 - 10	Численное интегрирование Численное интегрирование. Вычисление определенных интегралов. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Частные случаи: формула прямоугольников, формула трапеций, формула Симпсона. Квадратурная формула Гаусса. Метод Монте-Карло для вычисления интегралов. Оценка погрешностей основных типов квадратурных формул.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
11 - 12	Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Сравнение методов Рунге-Кутты и Адамса. Связь между ошибкой на шаге и глобальной ошибкой. Методы численного решения дифференциальных уравнений высших степеней. Формулы Рунге-Кутты для уравнений второго порядка.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
13 - 14	Методы решение краевых задач для ОДУ второго порядка Методы решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Разностная методика. Методы минимизации невязки: метод коллакации, интегральный метод наименьших квадратов, дискретный метод наименьших квадратов, метод Галеркина.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
15	Решение систем линейных уравнений Решение систем линейных уравнений. Методы Гаусса, простых итераций и Зайделя. Необходимые и достаточные условия сходимости этих методов. Методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений. Метод	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	деления пополам. Метод простых итераций. Метод Ньютона. Метод наискорейшего спуска для нелинейных систем уравнений.			
--	---	--	--	--

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

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

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-11	З-ПК-11	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-11	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-11	З, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	З, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	З, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	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	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 М37 Introduction to physics of second-order magnetic phase transitions : , Moscow: NRNU MEPhI, 2015

2. ЭИ К23 Molecular dynamics in multiscale modeling : textbook, Moscow: NRNU MEPhI, 2015
3. 004 К 26 Численные методы, алгоритмы и программы. Введение в распараллеливание : учеб. пособие, Москва: Физматкнига, 2014

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 Б30 Численные методы : учебное пособие для вузов, Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2015

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

В соответствии с календарным планом дисциплины преподавателю следует обратить внимание на следующие темы и разделы в этих темах.

Тема 1. Источники погрешностей и их классификация. Вычисление погрешностей. Приближенные числа и действия с ними.

Тема 2. Интерполяция и приближение функций. Интерполяционные многочлены. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Оценка погрешности аппроксимации. Интерполяционный многочлен Ньютона. Расположение узлов интерполяции, минимизирующих оценку погрешности на отрезке. Многочлены Чебышева.

Тема 3. Сплаины. Кубический сплайн. Способы задания наклонов. Метод наименьших квадратов. Методика построения многочлена наилучшего среднеквадратичного приближения. Области применения различных методов интерполяции.

Тема 4. Метод прогонки для решения системы алгебраических уравнений.

Тема 5. Численное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурная формула Гаусса. Метод Монте-Карло для вычисления интегралов. Оценка погрешностей основных типов квадратурных формул.

Тема 6. Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Методы численного решения дифференциальных уравнений высших степеней.

Тема 7. Методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Разностная методика. Методы минимизации невязки: метод коллации, интегральный метод наименьших квадратов, дискретный метод наименьших квадратов, метод Галеркина.

Тема 8. Решение систем линейных уравнений. Методы Гаусса, простых итераций и Зайделя. Необходимые и достаточные условия сходимости этих методов. Методы решения нелинейных уравнений и систем уравнений. Метод деления пополам. Метод простых итераций. Метод Ньютона. Метод наискорейшего спуска для нелинейных систем уравнений.

Автор(ы):

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