

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

АНАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 01.04.02 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
2	3	108	30	15	0		27	0	Э
Итого	3	108	30	15	0	0	27	0	

АННОТАЦИЯ

Основной целью курса является освоение студентами современных математических методов построения точных решений нелинейных уравнений в частных производных и их приложения в различных областях, включая, прежде всего, физику, биологию, экономику и др.

Внимание студентов акцентируется на наиболее часто используемых в современной теории и практике методах построения точных решений нелинейных уравнений в частных производных и разработке математических методов качественного анализа и, прежде всего, аналитического решения прикладных задач исследования нелинейных волновых процессов. Программа курса содержит детерминированные математические модели, основанные на использовании уже прочитанных студентам математических курсов – математический анализ, линейная алгебра, аналитическая геометрия, уравнения математической физики, численные методы и др.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются :

- освоение современных математических методов построения точных решений нелинейных уравнений в частных производных и их приложение в различных областях науки, включая, прежде всего, физику, биологию и экономику, а также формирование у магистров навыков необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях математики и физики.

- освоение полезного и современного метода для анализа дифференциальных уравнений – анализа на свойство Пенлеве и формирование у магистров навыков необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях математики и физики

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с материалами следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: математика, математический анализ, линейная алгебра, геометрия, аналитическая геометрия, теория функций комплексного переменного, дополнительные главы теории функций комплексного переменного, функциональный анализ, теория групп, уравнения математической физики, математические модели механики сплошной среды.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики, дифференциальным уравнениям, вариационному исчислению. Необходимо уметь работать с матрицами, решать дифференциальные и интегральные уравнения, знать дифференциальное и интегральное исчисление, пользоваться пакетами прикладных программ Maple.

Полученные в результате освоения данной дисциплины навыки и знания используются, при подготовке диссертационных работ магистров, 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
--------------------------------	--

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			
Проведение научных исследований методами математического моделирования и прогнозирования самостоятельно и в составе научного коллектива.	Физические, технологические, экономические и др. явления и процессы, математические модели и алгоритмы, численные методы, комплексы прикладных компьютерных программ, прикладные интернет-технологии.	ПК-1 [1] - способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001, 06.017	3-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи; оценивать результаты исследований; формулировать результаты проведенного исследования в виде конкретных рекомендаций, проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива. ; В-ПК-1[1] - Владеть

			навыками выбора и использования математических средств научных исследований, методами анализа и синтеза научной информации.
	проектный		
Постановка целей и задач проектов в области профессиональной деятельности, разработка стратегии их достижения, формирование критериев и показателей эффективности проекта, создание концептуальных и теоретических моделей решаемых задач.	Методы, средства, технологии, используемые при разработке и реализации инновационных проектов и планировании ресурсов; информация, содержащаяся в научно-исследовательских и технологических отчетах, статьях, патентах и тп; математические модели, методы, алгоритмы; наукоемкое программное обеспечение.	ПК-5 [1] - способен четко формулировать цели и задачи научно-прикладных проектов, разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.033	3-ПК-5[1] - Знать основные цели и задачи научно-прикладных проектов, разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач. ; У-ПК-5[1] - Уметь четко формулировать цели и задачи научно-прикладных проектов, разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых задач; В-ПК-5[1] - Владеть навыками разработки теоретических моделей решаемых задач.
	педагогический		
Педагогический дизайн и реализация образовательных программ и учебных дисциплин, на основе современных подходов и методик в том числе с использованием информационных и коммуникационных технологий в области прикладной математики и информатики.	Средства, технологии, ресурсы и сервисы электронного обучения и мобильного обучения, прикладные интернет-технологии.	ПК-9 [1] - способен использовать современные информационные технологии в образовательной деятельности <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.003	3-ПК-9[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и организации педагогического процесса. ; У-ПК-9[1] - Уметь использовать современные информационные технологии в образовательной деятельности.; В-ПК-9[1] - Владеть навыками использования современных информационных технологий в

<p>Разработка образовательных программ высшего образования и дополнительного профессионального образования, разработка учебно-методических материалов по дисциплинам в области математических и компьютерных наук, проведение лекционных, практических и лабораторных занятий по основным, факультативным дисциплинам и спецкурсам в области прикладной математики и информатики.</p>	<p>Педагогическая деятельность с учетом специфики предметной области в образовательных организациях.</p>	<p>ПК-10 [1] - способен осуществлять подготовку и переподготовку кадров в области прикладной математики и информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 01.003</p>	<p>образовательной деятельности.</p> <p>З-ПК-10[1] - Знать основные цели и задачи, особенности содержания и организации педагогического процесса на основе компетентностного подхода; психологические особенности обучающихся; современные технологии диагностики и оценивания качества образовательного процесса; особенности педагогического взаимодействия в условиях изменяющегося образовательного пространства. ;</p> <p>У-ПК-10[1] - Уметь организовывать образовательно-воспитательный процесс в изменяющихся социокультурных условиях; применять психолого-педагогические знания в разных видах образовательной деятельности.;</p> <p>В-ПК-10[1] - Владеть навыками организации педагогического процесса для подготовки и переподготовки кадров в области прикладной математики и информационных</p>
---	--	--	---

4. 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>2 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	15/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Второй раздел	9-15	15/7/0		25	КИ-15	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5,

							3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

* – 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

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	30	15	0
1-8	Первый раздел	15	8	0
1 - 2	Тема 1. Особые точки. Понятие особой точки функции комплексной переменной. Классификация особых точек. Подвижные и неподвижные особые точки. Уравнения, не имеющие решений с критическими подвижными особыми точками. Задача Ковалевской о волчке.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Тема 2. Уравнения Пенлеве Определение свойства Пенлеве для дифференциального уравнения. Уравнения Пенлеве. Второе уравнение Пенлеве как модель электрического поля в полупроводниковом диоде. Алгоритм Ковалевской анализа дифференциальных уравнений. Локальные представления решений дифференциальных уравнений	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема 3. Решения уравнений Пенлеве Преобразования Бэклунда для решений второго уравнения Пенлеве. Рациональные и специальные решения второго уравнения Пенлеве. Полиномы Яблонского – Воробьева. Дискретные уравнения Пенлеве. Пары Лакса для уравнений Пенлеве. Высшие аналоги уравнений Пенлеве.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 4. Анализ уравнений в частных производных на свойство Пенлеве Алгоритм Конта – Форди – Пикеринга для анализа уравнений на свойство Пенлеве. Пример применения. Автомодельные решения уравнения Кортевега – де Вриза и уравнения Синус – Гордона. Тест Абловица – Рамани – Сигура для нелинейных уравнений в частных производных. Метод Вайса – Табора – Карневейля для анализа нелинейных уравнений. Пенлеве анализ уравнения Бюргерса методом Вайса – Табора – Карневейля. Анализ уравнения Кортевега – де Вриза методом Вайса – Табора – Карневейля. Построение пары Лакса для уравнения Кортевега – де Вриза методом Вайса – Табора – Карневейля.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Второй раздел	15	7	0
9 - 10	Тема 5. Интегрирование дифференциальных уравнений Интегрируемые и частично-интегрируемые нелинейные уравнения в частных производных. Преобразование Миуры и пара Лакса для уравнения Кортевега-де Вриза. Преобразования Гарднера и бесконечное число законов сохранения для уравнения Кортевега — де Вриза. Законы сохранения для интегрируемых уравнений. Преобразование Бэклунда. Преобразование Бэклунда для решений уравнения Sin-Гордона. Преобразования Бэклунда для решений уравнения Кортевега — де Вриза. Семейство уравнений Кортевега — де Вриза. Тест Абловица —	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Римани — Сигура для нелинейных уравнений в частных производных.			
11 - 12	Тема 6. Метод обратной задачи рассеяния Общие, частные и точные решения дифференциальных уравнений. Метод обратной задачи рассеяния решения задачи Коши для уравнения Кортевега — де Вриза. Оператор Хироты и его свойства. Метод Хироты для построения аналитических решений уравнения Кортевега — де Вриза. Метод обратной задачи рассеяния решения задачи Коши для уравнения Sin-Гордона.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Тема 7. Методы укороченного разложения и логистической функции Метод укороченного разложения для поиска точных решений нелинейных дифференциальных уравнений. Метод логистической функции для поиска точных решений нелинейных дифференциальных уравнений. Точные решения уравнения Шарма — Тассо — Олвера. Точные решения уравнения Бюргерса — Хаксли. Точные решения уравнения Кортевега — де Вриза-Бюргерса. Метод гиперболического тангенса для поиска точных решений нелинейных дифференциальных уравнений. Точные решения уравнения Колмогорова — Петровского — Пискунова. Точные решения нелинейного уравнения в частных производных пятого порядка	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Тема 8. Метод простейших уравнений. Метод простейших уравнений для поиска точных решений. Уединенные волны уравнения Курамото — Сивашинского. Периодические волны уравнения Курамото — Сивашинского. Применение многоугольников Ньютона при построении точных решений. Точные решения обобщенного уравнения Курамото — Сивашинского. Уединенные волны уравнения в частных производных шестого порядка, встречающегося в турбулентности.	Всего аудиторных часов		
		3	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

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции и семинары проводятся в традиционной форме. При выполнении домашнего задания студенты широко используют компьютерные технологии, в том числе программу аналитических вычислений Maple. При обсуждении тем лекционных занятий используются презентации, обсуждения последних научных работ, новые методы построения точных решений нелинейных уравнений в частных производных, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

Помимо этого, существенная доля занятий проводится в интерактивной форме и предполагает активное обсуждение пройденного материала, групповой разбор и обсуждение ошибок, вопросов и затруднений, возникающих при подготовке индивидуальных домашних заданий, а также индивидуальную сдачу самого домашнего задания преподавателю.

6. 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-1	З-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-10	З-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-10	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, 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»	В	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		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	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»	Ф	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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 М80 Введение в теорию горячей плазмы Ч.1 , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. ЭИ И 15 Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 517 Ф34 Введение в аналитические методы решения нелинейных уравнений : учебное пособие для вузов, А. М. Федотов, Е. Ю. Ечкина, Москва: МИФИ, 2007
2. 53 А22 Автоволновые процессы в нелинейных средах с диффузией : , Е. Ф. Мищенко [и др.], Москва: Физматлит, 2010

3. 53 А15 Солитоны и метод обратной задачи : , М. Абловиц, Х. Сигур , М.: Мир, 1987
4. 517 К88 Методы нелинейной математической физики : , Н. А. Кудряшов, Долгопрудный: Интеллект, 2010
5. 517 К65 Метод Пенлеве и его приложения : , Р. Конт, М. Мюзетт, Москва. Ижевск: Институт компьютерных исследований. Регулярная и хаотическая динамика, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

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.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Используя прослушанный на лекциях материал, студенты должны научиться решать поставленные перед ними задачи.

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. Основной упор 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):

Кудряшов Николай Алексеевич, д.ф.-м.н.,
профессор