

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 2

от 26.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

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
5	4	144	32	32	0	26	0	Э
6	4	144	30	30	0	30-48	0	Э
Итого	8	288	62	62	0	56-74	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе уравнений математической физики изучаются задачи для уравнений в частных производных, которые возникают в различных областях физики. Изложение курса начинается с рассмотрения нескольких физических процессов, приводящих к одним и тем же базовым математическим моделям. Этими базовыми моделями являются волновое уравнение, уравнение теплопроводности и диффузии, а также уравнения Лапласа и Пуассона. Студенты учатся ставить задачи для перечисленных уравнений, переходя от словесной формулировки физического процесса к его математическому описанию (математической модели).

Основная часть курса посвящена описанию математического аппарата, необходимого для решения различных задач для уравнений в частных производных. Именно, рассматриваются краевые задачи, смешанные (или начально-краевые) задачи. Для решения этих задач используются метод Фурье.

В заключительной части курса рассматриваются специальные функции, возникающие при решении задач для уравнений в частных производных. Излагается теория цилиндрических функций и сферических функций.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются

- Владение математическим аппаратом, применяемым для постановки и аналитического решения задач математической физики;
- Приобретение знаний и практических навыков, необходимых для успешной научной, исследовательской и профессиональной деятельности в различных областях физики

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина логически и содержательно-методически читается после завершения цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин, предваряя цикл специальных дисциплин.

Курс уравнений математической физики опирается на материал следующих дисциплин: Физика: механика, молекулярная физика и статистическая термодинамика, электричество и магнетизм, волны и оптика, атомная физика; Математика: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, теория функций комплексного переменного, обыкновенные дифференциальные уравнения, интегральные уравнения; Функциональные ряды.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по общему курсу физики и университетскому курсу математики. Необходимо знать дифференциальное и интегральное исчисление, векторный и тензорный анализ, уметь решать дифференциальные и интегральные уравнения. Требуется владеть методами теории функции комплексного переменного, уметь работать с функциональными рядами и многомерными несобственными интегралами. Следует иметь представление об основных задачах механики, термодинамики, физики электрических и магнитных явлений, оптики, атомной физики.

Освоение курса уравнений математической физики необходимо для изучения теоретической физики, специальных физических дисциплин.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [1] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	З-ОПК-1 [1] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [1] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики В-ОПК-1 [1] – Владеть методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-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

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (В22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной

		<p>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.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических 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.</p>
--	--	--

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>5 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ОПК-1,

							У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Второй раздел	9-16	16/16/0		25	КИ-16	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>6 Семестр</i>						
1	1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-

							1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	2	9-15	14/14/0		25	КИ-15	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1

* – 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>5 Семестр</i>	32	32	0
1-8	Первый раздел	16	16	0
1 - 2	Тема 1. Простейшие задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение продольных колебаний стержней и струн. Энергия колебаний струны. Вывод уравнения электрических колебаний в проводах. Поперечные колебания мембраны. Уравнения гидродинамики и акустики. Граничные и начальные условия. Постановка краевых задач для случая многих переменных. Теорема единственности.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Тема 2. Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач. Линейная задача о распространении тепла. Уравнение диффузии. Распространение тепла в пространстве. Принцип максимального значения. Теорема единственности.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема 3. Метод разделения переменных для волнового уравнения. Уравнение свободных колебаний струны. Представление произвольных колебаний в виде суперпозиции стоячих волн. Неоднородные уравнения. Общая первая краевая задача для уравнения колебаний. Краевые задачи со стационарными неоднородностями. Задачи без начальных условий для уравнения колебаний. Сосредоточенная сила. Общая схема метода разделения переменных для уравнения колебаний.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 4. Метод разделения переменных для уравнения теплопроводности. Однородная краевая задача для уравнения теплопроводности. Функция источника. Краевые задачи с разрывными начальными условиями для уравнения теплопроводности. Неоднородное уравнение теплопроводности. Общая первая краевая задача для уравнения теплопроводности.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	16	16	0
9 - 10	Тема 5. Метод разделения переменных. Уравнение Лапласа на плоскости. Первая краевая задача для круга. Вторая краевая задача для круга. Первая краевая задача в кольце. Интеграл Пуассона. Случай разрывных граничных значений.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 11	Тема 6. Классификация уравнений с частными производными 2-го порядка. Дифференциальные уравнения с двумя независимыми переменными. Классификация уравнений 2-го порядка со многими независимыми переменными. Канонические формы линейных уравнений с постоянными коэффициентами.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Тема 7. Преобразование Фурье для задач УМФ	Всего аудиторных часов		

	Основные сведения о преобразовании Фурье. Примеры решения задач. Двумерное преобразование Фурье для задач УМФ. Примеры решения задач.	2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Тема 8. Метод распространяющихся волн. Формула Даламбера. Физическая интерпретация. Неоднородное уравнение. Устойчивость решений. Полуограниченная прямая и метод продолжений. Задача для ограниченного отрезка. Дисперсия волн.	Всего аудиторных часов		
		3	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Тема 9. Задачи на бесконечной прямой для уравнения теплопроводности. Распространение тепла на бесконечной прямой. Функция источника для неограниченной области. Краевые задачи для полуограниченной прямой.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>6 Семестр</i>	30	30	0
1-8	1	16	16	0
1 - 2	Тема 1. Общее уравнение теории специальных функций. Общее уравнение теории специальных функций. Поведение решений в окрестности $x = a$, если $k(a) = 0$. Постановка краевых задач.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 3	Тема 2. Цилиндрические функции. Степенные ряды. Рекуррентные формулы. Функции полуцелого порядка. Асимптотический порядок цилиндрических функций. Краевые задачи для уравнения Бесселя. Различные типы цилиндрических функций. Функции Ханкеля. Функции Ханкеля и Неймана. Функции мнимого аргумента. Функция $K_0(x)$. Представление цилиндрических функций в виде контурных интегралов. Контурные интегралы. Функции Ханкеля. Некоторые свойства гамма-функции. Интегральное представление функции Бесселя. Интегральное представление $K_p(x)$. Асимптотические формулы для цилиндрических функций. Интеграл Фурье — Бесселя. Некоторые интегралы, содержащие функции Бесселя.	Всего аудиторных часов		
		5	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Тема 3. Полиномы Лежандра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные формулы. Уравнение Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Норма полиномов Лежандра. 6. Нули полиномов Лежандра. Ограниченность полиномов Лежандра.	Всего аудиторных часов		
		3	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема 4. Присоединенные функции Лежандра. Присоединенные функции. Норма присоединенных функций. Полнота системы присоединенных функций.	Всего аудиторных часов		
		2	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 5. Гармонические полиномы и сферические функции. Гармонические полиномы. Сферические функции. Ортогональность системы сферических функций. Замкнутость системы сферических функций. Разложение по сферическим функциям. Задача Дирихле для сферы. Проводящая сфера в поле точечного заряда. Поляризация шара в однородном поле. Собственные колебания сферы.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Внешняя краевая задача для сферы.			
9-15	2	14	14	0
9 - 10	Тема 6. Основные и обобщенные функции Пространство основных функций D . Пространство обобщенных функций D' . Носитель обобщенной функции. Регулярные обобщенные функции. Сингулярные обобщенные функции. Формулы Сохоцкого. Линейная замена переменных в обобщенных функциях. Умножение обобщенных функций.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	Тема 7. Дифференцирование обобщенных функций. Производные обобщенной функции. Свойства обобщенных производных. Первообразная обобщенной функции.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Тема 8. Свертка обобщенных функций. Прямое произведение обобщенных функций. Определение свертки обобщенных функций. Свойства свертки. Существование свертки. Уравнения в сверточной алгебре D^+ . Регуляризация обобщенных функций.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Тема 9. Обобщенные функции медленного роста. Пространство основных функций S . Пространство обобщенных функций медленного роста S' . Примеры обобщенных функций медленного роста. Структура обобщенных функций с точечным носителем. Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста. Преобразование Фурье основных функций из S . Преобразование Фурье обобщенных функций из S' . Свойства преобразования Фурье. Преобразование Фурье обобщенных функций с компактным носителем. Преобразование Фурье свертки.	Всего аудиторных часов		
		4	4	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

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и семинаров, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в выполнении домашнего задания. Чтобы стимулировать творческий потенциал студентов, часть семинаров проводится в интерактивном режиме.

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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	Э, КИ-8, КИ-16	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»	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:

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

1. Проведение лекционных и практических занятий

В рамках курса предусмотрено проведение лекционных и практических занятий. Отметим, что курс является теоретическим и для успешного освоения требуется знание лекционного материала и чтения рекомендованной литературы. На лекциях студенты не только знакомятся с теоретическими основами курса, но с их применением в современных исследованиях.

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 домашних 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

- Контрольные работы

Рубежный контроль проводится на 8 и 16 неделе на 5 семестре и на 8 и 15 неделе на 6 семестре. 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. Отметим, что курс является теоретическим и для успешного освоения требуется знание лекционного материала и чтения рекомендованной литературы. На лекциях студенты не только знакомятся с теоретическими основами курса, но с их применением в современных исследованиях.

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 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

- Контрольные работы

Рубежный контроль проводится на 8 и 16 неделе на 5 семестре и на 8 и 15 неделе на 6 семестре. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

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

Автор(ы):

Климанов Сергей Геннадиевич, к.ф.-м.н., доцент