

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
[2] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

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
Итого	4	144	32	32	0	0	26	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, а также задача Коши. Для решения этих задач используются метод Фурье, метод функции Грина, метод потенциалов и др.

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

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются:

овладение 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, численных методов, а также для всех дисциплин, связанных с математическим моделированием физических процессов.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [2] – Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>З-ОПК-1 [2] – Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-ОПК-1 [2] – Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>В-ОПК-1 [2] – Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов</p>
ОПК-1 [1] – Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>З-ОПК-1 [1] – Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p> <p>У-ОПК-1 [1] – Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p> <p>В-ОПК-1 [1] – Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов</p>
УК-1 [1, 2] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>З-УК-1 [1, 2] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа</p> <p>У-УК-1 [1, 2] – Уметь: применять методики поиска, сбора</p>

	и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1, 2] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
УКЕ-1 [1, 2] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 [1, 2] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 [1, 2] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 [1, 2] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

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

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
научно-исследовательский			
математическое моделирование процессов, оборудования и производственных объектов, с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования и проведения исследований;	математические модели для теоретических, экспериментальных и прикладных исследований явлений и закономерностей в области физики ядра, частиц, плазмы, газообразного и конденсированного состояния вещества, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с	ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.011	З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов

	<p>объектами живой и неживой природы,</p>		<p>автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;</p>
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность</p>	<p>ПК-4 [2] - Способен применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>3-ПК-4[2] - Знать стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов; У-ПК-4[2] - Уметь применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов; В-ПК-4[2] - Владеть навыками работы со стандартными пакетами прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов</p>

	эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		
--	--------------------------------------------------------------------	--	--

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Интеллектуальное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры умственного труда (B11)	Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (B14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.)

		<p>посредством выполнения совместных проектов.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной 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</p>

		КОМПЕТЕНТНОСТНЫМИ И ЭМОЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ЧЛЕНОВ ПРОЕКТНОЙ ГРУППЫ.
--	--	------------------------------------------------------------------------

## 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>5 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/20/0		25	БДЗ-8	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УК-1,



							У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
2	Второй раздел	9-16	16/12/0		25	БДЗ-16	3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 4, У- ПК-4, В- ПК-4, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1,

							У-УКЕ-1, В-УКЕ-1
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 5 Семестр</b>				50	Э	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-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
БДЗ	Большое домашнее задание
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	32	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	20	0
1 - 3	<b>Тема 1. (начало). Математические модели физических процессов.</b> Уравнение малых поперечных колебаний струны. Уравнение малых продольных колебаний стержня. Телеграфные уравнения. Уравнение малых поперечных колебаний мембраны. Уравнения гидродинамики идеальной жидкости. Уравнения акустики. Постановка задач, начальные и граничные условия.	Всего аудиторных часов		
		5	8	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 5	<b>Тема 2 (начало). Задачи для волнового уравнения в неограниченных областях.</b> Уравнения акустики в одномерном случае. Уравнения бегущих волн. Характеристики. Прямая и обратная волны. Задача Коши для одномерного однородного волнового уравнения. Формула Д'Аламбера. Смешанная первая и вторая краевые задачи для однородного волнового уравнения на полупрямой. Задача о распространении краевого режима.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 8	<b>Тема 3 (начало). Метод Фурье.</b> Задача о колебаниях закрепленной струны с произвольными начальными данными. Решение задачи методом Фурье. Получение первой и второй формул Грина. Свойства собственных функций и собственных значений задачи Штурма – Лиувилля. Смешанная однородная краевая задача для обобщенного волнового уравнения. Решение задачи методом Фурье. Общая смешанная неоднородная краевая задача для обобщенного волнового уравнения. Смешанная краевая задача для неоднородного волнового уравнения с однородными дополнительными условиями. Решение задачи методом Фурье. Принцип Дюамеля.	Всего аудиторных часов		
		6	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 2 (продолжение). Задачи для волнового уравнения в неограниченных областях.</b>	Всего аудиторных часов		
		1	2	0

	Задача Коши для одномерного неоднородного волнового уравнения. Принцип Дюамеля. Третье слагаемое в формуле Д'Аламбера.	Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	16	12	0
9	<b>Тема 1 (продолжение). Математические модели физических процессов.</b> Вывод уравнения теплопроводности и диффузии. Постановка задач.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9 - 10	<b>Тема 3 (окончание). Метод Фурье.</b> Смешанная однородная краевая задача для обобщенного уравнения теплопроводности. Решение задачи методом Фурье. Общая смешанная неоднородная краевая задача для обобщенного уравнения теплопроводности. Смешанная краевая задача для неоднородного уравнения теплопроводности с однородными дополнительными условиями. Решение задачи методом Фурье. Принцип Дюамеля. Задача об остывании однородного стержня с нулевой температурой на обоих концах. Решение задачи методом Фурье. Бесконечная дифференцируемость решения.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 14	<b>Тема 4. Задачи для уравнения теплопроводности в неограниченных областях.</b> Понятие функции Грина для уравнения теплопроводности. Физический смысл функции Грина. Элементы теории обобщенных функций. Построение функции Грина задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности. Решение задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности методом функции Грина. Первая и вторая смешанные краевые задачи для уравнения теплопроводности на полупрямой. Решение методом функции Грина. Функция Грина задачи Коши для многомерного уравнения теплопроводности. Принцип максимума для решений уравнения теплопроводности. Корректность первой смешанной краевой задачи для уравнения теплопроводности.	Всего аудиторных часов		
		8	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	<b>Тема 2 (окончание). Задачи для волнового уравнения в неограниченных областях.</b> Решение задачи Коши для трехмерного однородного волнового уравнения. Решение задачи Коши для двумерного однородного волнового уравнения. Принцип Гюйгенса.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Тема 5. Классификация дифференциальных уравнений в частных производных.</b> Общий вид линейного дифференциального уравнения второго порядка с двумя независимыми переменными. Условие разрешимости задачи Коши. Характеристики. Классификация уравнений. Приведение к каноническому виду.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
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 аудиторские 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:

<b>Компетенция</b>	<b>Индикаторы освоения</b>	<b>Аттестационное мероприятие (КП 1)</b>
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	У-ОПК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	В-ОПК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
ПК-4	З-ПК-4	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	У-ПК-4	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	В-ПК-4	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
УК-1	З-УК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	У-УК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	В-УК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	У-УКЕ-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	В-УКЕ-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	У-ОПК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	В-ОПК-1	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
ПК-2	З-ПК-2	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	У-ПК-2	Э, БДЗ-8, БДЗ-16
	В-ПК-2	Э, БДЗ-8, БДЗ-16

## 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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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 С 54 Задачи и упражнения по уравнениям математической физики : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012

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
3. ЭИ Г71 Уравнения математической физики в примерах и задачах Ч. 1 , , : МИФИ, 2008
4. ЭИ Г71 Уравнения математической физики в примерах и задачах Ч. 2 , , : МИФИ, 2008
5. 517 Н62 Лекции по уравнениям и методам математической физики : , А. Ф. Никифоров, Долгопрудный: Интеллект, 2009

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 54 Справочник по линейным уравнениям математической физики : , Москва: Физматлит, 2007
2. 517 В57 Уравнения математической физики : учебник для вузов, Москва: Физматлит, 2008
3. 517 М54 Метод разделения переменных : методические рекомендации к проведению практических занятий, , Москва: МИФИ, 2007
4. 517 Г71 Уравнения математической физики в примерах и задачах Ч. 1 , , : МИФИ, 2008
5. 517 Г71 Уравнения математической физики в примерах и задачах Ч. 2 , , : МИФИ, 2008
6. ЭИ К72 Уравнения математической физики Ч.1 , , : МИФИ, 2007
7. ЭИ К72 Уравнения математической физики Ч.2 , , : МИФИ, 2008
8. 517 Т46 Уравнения математической физики : Учеб. пособие для вузов, Тихонов А.Н.,Самарский А.А., Москва: МГУ; Наука, 2004

#### 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. Защита большого домашнего задания

Для аттестации разделов (т.е. допуска к экзамену) студенты должны выполнить и защитить большое домашнее задание (бдз). Бдз выдается состоит из 10 задач. При защите большого домашнего задания за каждую защищенную студентом задачу выставляется 5 баллов. Задача считается защищенной, если она верно поставлена и решена, а студент ответил на все без исключения вопросы экзаменатора по этой задаче. Для аттестации каждого раздела студент должен защитить не менее трех задач (15 баллов). Максимальное число баллов за раздел (25 баллов) студент получает в случае защиты всех пяти задач, соответствующих этому разделу.

При оформлении бдз следует помнить, что каждая задача начинается с математической (а не словесной) постановки. При отсутствии таковой задача даже не будет рассматриваться. Если в ходе решения задача расщепляется на несколько вспомогательных задач, для каждой из таких задач необходимо выписать полную математическую постановку.

Каждая задача должна быть доведена до ответа, причем все интегралы должны быть вычислены. Если хотя бы один интеграл не взят, задача не засчитывается.

Ответ, который вы получите в ходе решения, может и не совпадать с ответом, приведенным в задачнике. Во-первых, в задачниках встречаются опечатки, во-вторых, учебные задачи могут быть решены различными способами. Разные способы решения могут приводить к разным представлениям решения несмотря на то, что это будет одна и та же функция. Особенно заметен этот эффект при получении решений методом Фурье в случае неоднородных задач.

Затягивать с решением задач до конца семестра не следует. Большим заданием бдз называется не потому, что задач много, а потому, что большинство задач требует сложных продолжительных вычислений. За одну неделю самостоятельно сделать бдз из десятка задач могут лишь очень немногие студенты. Будет несколько самонадеянно полагать, что именно вы относитесь к их числу.

Защита бдз для большинства студентов – мероприятие не на один и не на два дня. С первого раза защитить бдз не удастся почти никому. Поэтому для того, чтобы защитить бдз до начала экзаменов, необходимо сделать максимально возможное число задач к первой защите. И, разумеется, не пропускать ни одной защиты, поскольку их число ограничено. Вдобавок, задачи легче всего защищать на первых попытках, т.е. до начала зачетной недели. Причина проста – пока защищается много студентов, вы имеете неплохой шанс быстро выяснить тонкости вашей конкретной задачи у тех, кто уже защитил что-то подобное. Во время же зачетной недели обычно спрашивать уже не у кого, либо на это нужно много времени. Помните, что защитить бдз во время экзаменационной сессии удастся немногим, а во время пересдач экзаменов – так и вовсе единицам.

При решении задач в течение семестра не стесняйтесь спрашивать преподавателя, если вам что-то непонятно. Главное здесь – четко сформулировать интересующую вас проблему. Если преподаватель вам не ответил, спросите еще раз. Помните, что в данной ситуации именно вы должны проявлять инициативу.

## 2. Посещение лекций и семинаров

Возможно, в природе и существуют студенты, способные сдать курс, не посетив при этом ни одного занятия. Но подобный эксперимент, как правило, заканчивается отчислением. Так что ходить и работать придется. Причем просто ходить и ничего не делать – совершенно бессмысленно, поскольку за посещения пока еще в МИФИ оценки редко ставят. Раз уж пришли – работайте, задавайте вопросы преподавателям, они это любят.



### 3. Работа на лекциях

При записи лекций обязательно записывайте то, что говорит (и не пишет) преподаватель – все эти замечания, оговорки, дополнительные соображения и так далее. Помните, что на экзамене вас могут (и будут) гонять по всему курсу, а вовсе не только по экзаменационным вопросам. Знание только лишь экзаменационных вопросов вам не гарантирует даже минимальной оценки, основная сложность экзаменов – именно вот в этих дополнительных вопросах.

Если на лекциях преподаватель дает упражнения – старайтесь их сделать в тот же день. Иначе забудете, в каком контексте они возникали. А вот такие вот упражнения – очень хороший дополнительный вопрос на экзамене.

### 4. Работа на семинарах

Математическая физика – предмет очень сложный. Если вы думаете, что просто переписав с доски решение какой-нибудь задачи вы немедленно научитесь ее решать, то вы заблуждаетесь. Поэтому повторяйте материал семинаров дома, проделывая все выкладки. Особенно те, которые преподаватель не выписывал на доске, полагая их очевидными. Если что-то не получается, формируйте список проблем. А дальше – см. последний абзац раздела «Защита большого домашнего задания».

Помните, что почти все семинары – уникальны. Всевозможных методов и тонкостей их применения в математической физике столько, что разбирать одни и те же задачи на протяжении нескольких семинаров у преподавателей просто нет возможности. Поэтому пропуск даже одного – двух семинаров довольно заметно сказывается на вашем понимании математической физики (и не в лучшую сторону).

### 5. Решение задач во внеаудиторное время

При решении задач по математической физике в домашних условиях большую помощь могут оказать задачки, если вы научитесь правильно их использовать. Особенно ценен в этом отношении задачник Б. М. Будака, А. А. Самарского и А. Н. Тихонова. Его непомерная толщина объясняется вовсе не большим количеством задач, а очень подробными ответами, включающими иногда вообще все необходимые выкладки. Поэтому если что-то непонятно, а спросить не у кого, – ищите похожие задачи в задачниках. Почти наверняка что-нибудь найдете не в одном, так в другом. Кое-какие задачи можно найти и в учебниках, но их там гораздо меньше.

### 6. Экзамен

Следует помнить, что экзамен – устный. Так что если у вас полностью выписаны ответы на вопросы экзаменационного билета, но сказать при этом вы ничего не можете, то результатом окажется неудовлетворительная оценка. Помните, что самыми частыми вопросами на экзамене будут следующие: а что это за буква; а как из этой строчки следует та, что пониже; а что у вас вот этот символ обозначает; ну и тому подобное.

При ответе на вопросы билета у вас на экзаменационном листе должны присутствовать ответы на оба вопроса. Если вы блестяще ответили на один вопрос, но ничего не знаете по второму – неудовлетворительная оценка гарантирована, причем без всяких дополнительных вопросов. Поэтому всегда начинайте с самого простого вопроса. Если хоть что-нибудь можете выдать по обоим вопросам – у вас есть неплохой шанс избежать пересдачи.

Не следует думать, что на экзамен выносятся только теория. Экзамен сдается по всему курсу, так что какие-то сравнительно простые задачи обязательно достанутся именно вам. Особенно часто в качестве таких вопросов выступает постановка задач, так что учитесь их ставить. Не стесняйтесь прибегать к помощи здравого смысла и физических аналогий при ответе на дополнительные вопросы. Чаще всего ничего другого от вас и не требуется.

Отвечать на вопросы преподавателя следует бодро и с уверенным видом, даже если вы несете полную ахинею. Всегда есть шанс, что вас слушают невнимательно. Выражений типа «по-моему», «мне кажется», «я точно не помню» и т.д. не следует употреблять ни в коем случае.

Не торопитесь с ответом на вопрос преподавателя. Подумайте хотя бы несколько секунд. Не каждый преподаватель даст вам шанс исправить допущенную ошибку.

Ну и самое главное – к экзамену следует готовиться. Не пренебрегайте этим правилом.

## 7. 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  
- Большого домашнего задания

Рубежный контроль проводится в середине и конце семестра.

При защите большого домашнего задания за каждую защищенную студентом задачу выставляется 5 баллов. Задача считается защищенной, если она верно поставлена и решена, а студент ответил на все без исключения вопросы экзаменатора по этой задаче. Для аттестации каждого раздела студент должен защитить не менее трех задач (15 баллов). Максимальное число баллов за раздел (25 баллов) студент получает в случае защиты всех пяти задач, соответствующих этому разделу.

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

### 1. Проведение семинарских занятий

Начинать практические занятия следует с постановки задач математической физики. Постановке задач необходимо уделить не менее трех семинаров, больше – лучше. На практических занятиях должны быть разобраны постановки смешанных краевых задач для уравнения малых поперечных колебаний струны, малых продольных колебаний стержня, одномерного уравнения теплопроводности и диффузии, а также задач с телеграфными уравнениями. При наличии времени можно также уделить внимание задачам для уравнений Лапласа и Пуассона: задачам электро- и магнитостатики, задачам определения стационарной температуры и др.

Пару семинаров следует выделить на решение задач Штурма – Лиувилля и родственных им краевых задач на собственные значения. При этом следует рассмотреть в том числе и такие

задачи, в которых имеется отличная от постоянной весовая функция. Полезно при решении каждой задачи не только находить собственные значения и собственные функции, но и вычислять квадрат нормы собственных функций исследуемой задачи.

Не менее пяти семинаров за весь семестр следует уделить решению задач методом Фурье для уравнений гиперболического и параболического типов. Два занятия следует выделить на решение однородных задач, остальное – на решение неоднородных задач. Обязательно должны быть разобраны задачи с краевыми условиями первого, второго и третьего рода. При разборе неоднородных задач следует продемонстрировать как использование принципа Дюамеля для неоднородных уравнений (при разложении решения по собственным функциям однородной задачи), так и устранение неоднородностей при помощи расщепления исходной задачи на несколько вспомогательных задач. При наличии времени можно также продемонстрировать решение задач методом Фурье в многомерном случае.

Не менее двух семинаров должно быть уделено решению задач для уравнения теплопроводности методом функции Грина. Следует продемонстрировать как решение задачи Коши, так и решение первой и второй смешанных краевых задач на полупрямой. Также следует разобрать несколько многомерных задач.

При наличии времени в конце семестра можно продемонстрировать студентам решение задач для волнового уравнения методом характеристик, а также решение задачи Коши при помощи формулы Д'Аламбера. Возможно также рассмотреть задачи на приведение уравнений к каноническому типу, а также решение задачи Коши для неоднородных уравнений гиперболического типа.

## 2. Защита большого домашнего задания

Для допуска к экзамену студенты должны выполнить и защитить большое домашнее задание (бдз). Как правило, используются два основных способа выдачи и защиты бдз.

Первый способ. На каждом семинаре студентам выдается не менее одной задачи в качестве домашнего задания (для всех студентов – одни и те же задачи). На следующем семинаре студенты должны дать отчет о выполнении этого задания. Периодически на семинарах следует устраивать самостоятельные работы в виде решения простых задач и задач средней сложности. К концу семестра у части студентов накапливается долг в виде несделанных домашних задач и нерешенных самостоятельных работ. Защита бдз заключается в устранении этого долга. Технически это выглядит как стандартный зачет: за ограниченное время студентам предлагается решить ряд задач, не пользуясь никакими источниками. При этом каждый раз студентам предлагаются разные задачи, условие которых они узнают только во время защиты бдз. Бдз считается защищенным, когда все долги оказываются закрыты. Для защиты такого рода следует подбирать простые задачи и задачи средней сложности.

Второй способ. Каждому студенту за семестр предлагается решить фиксированный набор задач (для каждого студента – свой). Целесообразно давать от шести до десяти задач, охватывающих все разделы курса. Полезно включить в этот список в том числе и задачи повышенной сложности. Защита бдз проходит в форме собеседования, при этом студент должен ответить на все возникающие у преподавателя вопросы, касающиеся хода решения конкретной задачи. Бдз считается защищенным, когда студент полностью ответил на все вопросы по всем без исключения задачам. Во время защиты можно разрешить студентам пользоваться любыми источниками. Количество попыток защитить одну и ту же задачу ограничивать не следует.

Разумеется, можно комбинировать оба этих способа.

В настоящее время за основу взят второй способ защиты бдз. Бдз выдается в каждом семестре и состоит из 10 задач. При защите большого домашнего задания за каждую защищенную студентом задачу выставляется 5 баллов. Задача считается защищенной, если она верно поставлена и решена, а студент ответил на все без исключения вопросы экзаменатора по этой задаче. Для аттестации каждого раздела студент должен защитить не менее трех задач (15 баллов). Максимальное число баллов за раздел (25 баллов) студент получает в случае защиты всех пяти задач, соответствующих этому разделу.

При разумном подборе задач для бдз большая часть студентов, как правило, защищает бдз до окончания зачетной недели. Для того, чтобы максимизировать число студентов, допущенных к экзамену, необходимо предоставить группе несколько попыток защиты до начала экзаменационной сессии. Лучше всего это сделать еще до начала зачетной недели. В течение экзаменационной сессии также следует предусмотреть по крайней мере одну попытку защиты бдз для неуспевающих студентов (например, во время экзамена).

### 3. Проведение экзаменов

При проведении экзамена необходимо соблюдать все формальности: выделять не менее одного академического часа на подготовку ответов по билетам, требовать от студентов заполнения шапок всех использованных ими экзаменационных листов, проставлять оценки и подписи не только в зачетку, но и на экзаменационный лист, а также не выбрасывать экзаменационные листы, поскольку они должны храниться на кафедре в течение года.

В качестве дополнительных вопросов лучше всего использовать вопросы, не требующие сколько-нибудь сложных вычислений. Особенно хороши в этом плане вопросы на рисование всевозможных графиков, а также постановка задач математической физики. Дополнительные вопросы буквально по билетам задавать большого смысла не имеет, т.к. это будет лишь проверкой способности к зубрежке материала, а не способности находить решение в сложной ситуации.

Следует помнить, что экзамен – это не только отчетное мероприятие, но и одна из необходимых форм образовательного процесса (ничуть не менее важная и самоценная, чем лекции или семинары). Поэтому не следует при выставлении оценок за экзамен руководствоваться предыдущими заслугами студента. И уж ни в коем случае нельзя ставить экзамен «автоматом».

С другой стороны, не следует оценивать студента с чисто формальной точки зрения. Помните, что в МИФИ готовят физиков, а не математиков. Поэтому наличие здравого смысла и умения соображать при ответе на дополнительные вопросы заслуживают достойной оценки.

### 4. 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  
- Большое домашнее задание

Рубежный контроль проводится в середине и конце семестра. Промежуточный контроль выставляется на основе экзамена.

При защите большого домашнего задания за каждую защищенную студентом задачу выставляется 5 баллов. Задача считается защищенной, если она верно поставлена и решена, а студент ответил на все без исключения вопросы экзаменатора по этой задаче. Для аттестации каждого раздела студент должен защитить не менее трех задач (15 баллов). Максимальное число баллов за раздел (25 баллов) студент получает в случае защиты всех пяти задач, соответствующих этому разделу.

Автор(ы):

Сухарев Михаил Борисович, к.ф.-м.н., доцент