МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано
деканом факультета
« 29 » 06 20 23 г.
/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Математическая физика

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Профиль:
Фундаментальная физика

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией физико-математического факультета
Протокол «29» 06 2023 г. № 10
Председатель УМКом
/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой фундаментальной физики и нанотехнологии
Протокол от «25» 05 2023 г. № 13
Зав. кафедрой
/Холина С.А./

Мытищи
2023

Авторы-составитель:

Камалов Т.Ф., кандидат физико-математических наук, доцент

Кузнецов М.М., доктор физико-математических наук, доцент

Рабочая программа дисциплины «Математическая физика» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ России от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)», и является обязательной для изучения.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины:

Целями освоения дисциплины «Математическая физика» является формирование у студентов умений и навыков математической формулировки физических задач, овладение ими основными понятиями и методами решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Задачи дисциплины:

1. Применение математических методов и элементов научных исследований в физических приложениях.
2. Освоение основных приёмов решения практических задач по темам дисциплины.
3. Приобретение опыта работы с математической и связанной с математикой научной и учебной литературой.
4. Закрепления знаний, умений и навыков, полученных в ходе изучения математических дисциплин.
5. Развитие чёткого логического мышления.
6. Способствование процессу профессионального самоопределения и укрепления профессиональной идентификации.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)», и является обязательной для изучения.

Для освоения дисциплины «Математическая физика» студенты используют знания, умения, навыки, полученные и сформированные в ходе изучения дисциплин «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление», «Векторный и тензорный анализ», «Теория функции действительного и комплексного переменного».

Изучение дисциплины «Математическая физика» является естественным продолжением указанных дисциплин. Разделы данной дисциплины содержат материалы, которые оказываются весьма уместными и крайне востребованными при изучении таких дисциплин теоретической физики, как «Механика сплошных сред», «Электродинамика», «Квантовая теория», «Физическая кинетика», а также дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения математической физики». Наконец, полученные в результате освоения дисциплины «Математическая физика» знания и методы можно использовать в дальнейшем в педагогической деятельности.

3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем дисциплины

Показатель объема дисциплины	Кол-во часов очная
Объем дисциплины в зачетных единицах	3
Объем дисциплины в часах	108
Контактная работа:	90,2
Лекции	30
Практические занятия	60
из них в форме практической подготовки	60
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2
Зачет с оценкой	0,2
Самостоятельная работа	10
Контроль	7,8

Форма промежуточной аттестации: зачёт с оценкой (5 семестр)

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) дисциплины	Кол-во часов		
	Лекции	Практические занятия	
		Общее кол-во	из них в форме практической подготовки
Тема 1. Вывод основных уравнений математической физики и постановка начально-краевых задач. Малые продольные колебания упругого стержня и малые поперечные колебания упругой струны. Процессы диффузии и теплопроводности. Стационарное распределение тепла. Задачи электростатики. Установившиеся электромагнитные колебания. Постановка задач математической физики с начальными и граничными условиями.	2	–	–
Тема 2. Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка в задачах математической физики. Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Характеристические уравнения. Решение дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка с помощью характеристик. Задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.	2	4	4
Тема 3. Дифференциальные уравнения в частных производных 2-го порядка в задачах математической физики. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в частных производ-	2	8	8

ных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка в случае многих независимых переменных.			
Тема 4. Метод разделения переменных. Разложение по собственным функциям задачи Штурма – Лиувилля. Первая и вторая формулы Грина. Полные и замкнутые системы функций. Общая схема метода разделения переменных для однородного уравнения. Метод разделения переменных для неоднородного уравнения. Неоднородные граничные условия. Простейшие задачи Штурма – Лиувилля.	4	4	4
Тема 5. Специальные функции. Уравнение специальных функций и свойства его решений. Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя. Степенной ряд для функций Бесселя, рекуррентные формулы. Функции Бесселя полуцелого порядка. Интегральное представление функций Бесселя. Функции Ханкеля и их интегральное представление. Связь функций Ханкеля и Бесселя. Функция Неймана. Линейная независимость цилиндрических функций. Асимптотика цилиндрических функций. Цилиндрические функции чисто мнимого аргумента. Функции Инфельда и Макдональда.	4	8	8
Тема 6. Классические ортогональные полиномы. Определение и основные свойства классических ортогональных полиномов. Производящая функция классических ортогональных полиномов. Полиномы Якоби. Полиномы Лежандра. Полиномы Лагерра. Полиномы Эрмита. Присоединенные функции Лежандра. Краевая задача для присоединённых функций Лежандра. Полнота и замкнутость системы присоединенных функций Лежандра. Сферические функции. Шаровые функции. Собственные функции оператора Лапласа для канонических областей. Собственные функции круга. Собственные функции цилиндра. Собственные функции шара.	4	8	8
Тема 7. Дифференциальные уравнения эллиптического типа. Краевые задачи для уравнения Лапласа. Общие свойства гармонических функций. Внутренние краевые задачи для уравнения Лапласа. Внутренняя задача Дирихле. Внутренние вторая и третья краевые задачи. Внешние краевые задачи. Функции, регулярные на бесконечности. Единственность решения внешних задач в трехмерном случае. Единственность решения внешних задач для уравнения Лапласа на плоскости. Функция Грина оператора Лапласа. Функция Грина внутренней задачи Дирихле оператора Лапласа. Функция Грина внутренней третьей краевой задачи. Функция Грина внутренней задачи Неймана. Функции Грина внешних краевых задач. Примеры построения функций Грина. Функция Грина задачи Дирихле на плоскости. Решение краевых задач для уравнения Лапласа в круге и прямо-	4	8	8

угольнике. Краевые задачи для уравнения Лапласа в круге, вне круга и в кольце. Краевая задача для уравнения Лапласа в прямоугольнике.			
Тема 8. Дифференциальные уравнения параболического типа. Постановка начально-краевой задачи. Принцип максимума. Теоремы единственности и устойчивости. Существование решения уравнения теплопроводности в случае ограниченной области. Функция Грина. Неоднородное уравнение теплопроводности и неоднородные граничные условия. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Фундаментальное решение, интеграл Пуассона. Неоднородное уравнение теплопроводности на бесконечной прямой. Уравнение теплопроводности на полупрямой. Формула Грина для уравнения теплопроводности.	4	6	6
Тема 9. Дифференциальные уравнения гиперболического типа. Постановка начально-краевой задачи для уравнения колебаний в ограниченной области. Теорема единственности, устойчивость решения, существование решения уравнения колебаний в ограниченной области. Вынужденные колебания ограниченной струны. Формула Грина для уравнения колебаний. Уравнение колебаний на неограниченной прямой. Постановка задачи с начальными условиями для неограниченной струны. Формула Даламбера. Существование, единственность и устойчивость решения задачи Коши. Физическая интерпретация решения. Колебания струны под действием мгновенного сосредоточенного импульса. Задачи на полуограниченной прямой. Однородные граничные условия первого и второго рода. Распространение краевого режима. Колебания в неограниченном пространстве. Сферически-симметричный случай. Формула Кирхгофа. Формула Пуассона.	2	6	6
Тема 10. Краевые задачи для дифференциального уравнения Гельмгольца. Уравнение Гельмгольца. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца. Потенциалы уравнения Гельмгольца. Внутренние задачи для уравнения Гельмгольца. Функция Грина краевых задач для уравнения Гельмгольца. Условия излучения. Принцип предельного поглощения.	2	8	8
Итого	**30**	**60**	**60**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА.

Тема	Задание на практическую подготовку	количество часов

Тема 1. Вывод основных уравнений математической физики и постановка начально-краевых задач.	Решение задач	–
Тема 2. Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка в задачах математической физики.	Решение задач	4
Тема 3. Дифференциальные уравнения в частных производных 2-го порядка в задачах математической физики.	Решение задач	8
Тема 4. Метод разделения переменных. Разложение по собственным функциям задачи Штурма – Лиувилля.	Решение задач	4
Тема 5. Специальные функции.	Решение задач	8
Тема 6. Классические ортогональные полиномы.	Решение задач	8
Тема 7. Дифференциальные уравнения эллиптического типа. Краевые задачи для уравнения Лапласа.	Решение задач	8
Тема 8. Дифференциальные уравнения параболического типа.	Решение задач	6
Тема 9. Дифференциальные уравнения гиперболического типа. .	Решение задач	6
Тема 10. Краевые задачи для дифференциального уравнения Гельмгольца.	Решение задач	8

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Кол-во часов	Формы самостоятельной работы	Методическое обеспечение	Формы отчетности
Тема 1. Вывод основных уравнений математической физики и постановка начально-краевых задач.	Малые продольные колебания упругого стержня и малые поперечные колебания упругой струны. Процессы диффузии и теплопроводности. Стационарное распределение тепла. Задачи электростатики. Установившиеся электромагнитные колебания. Постановка задач математической физики с начальными и граничными условиями.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Тема 2. Дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка в	Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Характеристические уравнения. Решение дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка с помощью характеристик. Задача Коши	1	Изучение научно- методической лите-	Рекомендуемая научно-методическая литера-	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная

задачах математическ ой физики.	для линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.		ратуры	тура, сеть Интернет	работа
Тема 3. Дифференциа льные уравнения в частных производных 2-го порядка в задачах математическ ой физики.	Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка в случае многих независимых переменных.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Тема 4. Метод разделения переменных. Разложение по собственным функциям задачи Штурма – Лиувилля.	Первая и вторая формулы Грина. Полные и замкнутые системы функций. Общая схема метода разделения переменных для однородного уравнения. Метод разделения переменных для неоднородного уравнения. Неоднородные граничные условия. Простейшие задачи Штурма – Лиувилля.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Тема 5. Специальные функции.	Уравнение специальных функций и свойства его решений. Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя. Степенной ряд для функций Бесселя, рекуррентные формулы. Функции Бесселя полуцелого порядка. Интегральное представление функций Бесселя. Функции Ханкеля и их интегральное представление. Связь функций Ханкеля и Бесселя. Функция Неймана. Линейная независимость цилиндрических функций. Асимптотика цилиндрических функций. Цилиндрические функции чисто мнимого аргумента. Функции Инфельда и Макдональда.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Тема 6. Классические ортогональны е полиномы.	Определение и основные свойства классических ортогональных полиномов. Производящая функция классических ортогональных полиномов. Полиномы Якоби. Полиномы Лежандра. Полиномы Лагерра. Полиномы Эрмита. Присоединенные функции Лежандра. Краевая задача для присоединённых функций Лежандра. Полнота и замкнутость системы присоединенных функций Лежандра. Сферические	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа

	функции. Шаровые функции. Собственные функции оператора Лапласа для канонических областей. Собственные функции круга. Собственные функции цилиндра. Собственные функции шара.				
Тема 7. Дифференциальные уравнения эллиптического типа. Краевые задачи для уравнения Лапласа.	Общие свойства гармонических функций. Внутренние краевые задачи для уравнения Лапласа. Внутренняя задача Дирихле. Внутренние вторая и третья краевые задачи. Внешние краевые задачи. Функции, регулярные на бесконечности. Единственность решения внешних задач в трехмерном случае. Единственность решения внешних задач для уравнения Лапласа на плоскости. Функция Грина оператора Лапласа. Функция Грина внутренней задачи Дирихле оператора Лапласа. Функция Грина внутренней третьей краевой задачи. Функция Грина внутренней задачи Неймана. Функции Грина внешних краевых задач. Примеры построения функций Грина. Функция Грина задачи Дирихле на плоскости. Решение краевых задач для уравнения Лапласа в круге и прямоугольнике. Краевые задачи для уравнения Лапласа в круге, вне круга и в кольце. Краевая задача для уравнения Лапласа в прямоугольнике.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Тема 8. Дифференциальные уравнения параболического типа.	Постановка начально-краевой задачи. Принцип максимума. Теоремы единственности и устойчивости. Существование решения уравнения теплопроводности в случае ограниченной области. Функция Грина. Неоднородное уравнение теплопроводности и неоднородные граничные условия. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Фундаментальное решение, интеграл Пуассона. Неоднородное уравнение теплопроводности на бесконечной прямой. Уравнение теплопроводности на полупрямой. Формула Грина для уравнения теплопроводности.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Тема 9. Дифференциальные уравнения гиперболического типа.	Постановка начально-краевой задачи для уравнения колебаний в ограниченной области. Теорема единственности, устойчивость решения, существование решения уравнения колебаний в ограниченной	1	Изучение научно- методической	Рекомендуемая научно-методическая	Домашнее задание. Устный опрос. Кон-

	области. Вынужденные колебания ограниченной струны. Формула Грина для уравнения колебаний. Уравнение колебаний на неограниченной прямой. Постановка задачи с начальными условиями для неограниченной струны. Формула Даламбера. Существование, единственность и устойчивость решения задачи Коши. Физическая интерпретация решения. Колебания струны под действием мгновенного сосредоточенного импульса. Задачи на полуограниченной прямой. Однородные граничные условия первого и второго рода. Распространение краевого режима. Колебания в неограниченном пространстве. Сферически-симметричный случай. Формула Кирхгофа. Формула Пуассона.		литературы	литература, сеть Интернет	трольная работа
Тема 10. Краевые задачи для дифференциального уравнения Гельмгольца.	Уравнение Гельмгольца. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца. Потенциалы уравнения Гельмгольца. Внутренние задачи для уравнения Гельмгольца. Функция Грина краевых задач для уравнения Гельмгольца. Условия излучения. Принцип предельного поглощения.	1	Изучение научно- методической литературы	Рекомендуемая научно-методическая литература, сеть Интернет	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа
Итого		**10**			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этап формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-1	Порого-	1. Работа	Знать основные понятия и	Домашнее	Шкала оценива-

Оцени-ваемые компе-тенции	Уровень сформи-рованно-сти	Этап форми-рования	Описание показателей	Критерии оценива-ния	Шкала оцени-вания
	вый	на учеб-ных заня-тиях. 2. Само-стоятель-ная рабо-та.	теоремы Уметь решать изученные задачи	задание. Устный опрос. Кон-трольная работа.	ния домашнего задания. Шкала оценивания уст-ного опроса. Шкала оценива-ния контрольной работы.
	Продви-нутый	1. Работа на учеб-ных заня-тиях. 2. Само-стоятель-ная рабо-та.	Знать: понятия и теоремы с идеями доказательств и (или) доказательствами. Уметь: решать задачи, творчески используя по-лученные знания. Владеть: теоретическими знаниями и практически-ми умениями, применяя их в предметной области при решении профессиональ-ных задач.	Домашнее задание. Устный опрос. Кон-трольная работа Практиче-ская под-готовка	Шкала оценива-ния домашнего задания. Шкала оценивания уст-ного опроса. Шкала оценива-ния контрольной работы Шкала оценива-ния практиче-ской подготовки.

Шкала оценивания домашнего задания

Показатель	Баллы
Студент правильно выполнил 0 – 10% домашнего задания	0
Студент правильно выполнил 11 – 20% домашнего задания	1
Студент правильно выполнил 21 – 40% домашнего задания	2
Студент правильно выполнил 41 – 60% домашнего задания	3
Студент правильно выполнил 61 – 80% домашнего задания	4
Студент правильно выполнил 81 – 100% домашнего задания	5

Шкала оценивания устного опроса

Критерий оценивания	Баллы
Студент ответил на вопрос и показал полное и уверенное знание темы	5
Студент ответил на вопрос, однако в ответе присутствуют несущественные ошибки, недостатки и недочёты	4
Студент в целом ответил на вопрос, но в ответе имеются заметные и грубые ошибки, недостатки и недочёты	3
Студент не ответил на вопрос, но имеются более двух правильных идей или подходов к правильному ответу	2
Студент не ответил на вопрос, но имеются только одна-две идеи или подходы к правильному ответу	1
Студент не ответил на вопрос и показал полное незнание темы задания	0

Шкала оценивания контрольной работы

Показатель	Баллы

Студент правильно выполнил 0 – 2% всех заданий	0
Студент правильно выполнил 3 – 5% всех заданий	1
Студент правильно выполнил 6 – 10% всех заданий	2
Студент правильно выполнил 11 – 15% всех заданий	3
Студент правильно выполнил 16 – 20% всех заданий	4
Студент правильно выполнил 21 – 25% всех заданий	5
Студент правильно выполнил 26 – 30% всех заданий	6
Студент правильно выполнил 31 – 35% всех заданий	7
Студент правильно выполнил 36 – 40% всех заданий	8
Студент правильно выполнил 41 – 45% всех заданий	9
Студент правильно выполнил 46 – 50% всех заданий	10
Студент правильно выполнил 51 – 55% всех заданий	11
Студент правильно выполнил 56 – 60% всех заданий	12
Студент правильно выполнил 61 – 65% всех заданий	13
Студент правильно выполнил 66 – 70% всех заданий	14
Студент правильно выполнил 71 – 75% всех заданий	15
Студент правильно выполнил 76 – 80% всех заданий	16
Студент правильно выполнил 81 – 85% всех заданий	17
Студент правильно выполнил 86 – 90% всех заданий	18
Студент правильно выполнил 91 – 95% всех заданий	19
Студент правильно выполнил 96 – 100% всех заданий	20

Шкала оценивания практической подготовки.

Критерии оценивания	**Баллы**
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, 3. умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы; 4. работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета.	8-10
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, 3. работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.	5-7
1. практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; 2. продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала.	2-4
1. число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; 2. если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.	0-1

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерные домашние задания

1. Найти общее решение дифференциального уравнения для функции $u = u(x, y)$:

   а) $\dfrac{\partial^5 u}{\partial x^2 \partial y^3} = x^3 \sin y$; б) $\dfrac{\partial^4 u}{\partial x \partial y^3} = \dfrac{x}{(x^2+1)^2}$; в) $\dfrac{\partial^6 u}{\partial x^3 \partial y^3} = \mathrm{e}^{-2x}$; г) $\dfrac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} = 0$;

   д) $\dfrac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} = 1$; е) $\dfrac{\partial^3 u}{\partial x \partial y^2} = x \sin(3x^2) y^2$; ж) $\dfrac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} = \cos(5y)$.

2. Найти общий интеграл дифференциального уравнения для функции $u = u(x, y)$:

   а) $\left(x + \dfrac{1}{x}\right)\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{1}{y^2}\dfrac{\partial u}{\partial y} = u^2 + 1$; б) $\sqrt{1-x^2}\dfrac{\partial u}{\partial x} + y\dfrac{\partial u}{\partial y} = \dfrac{1}{u^3}$; в) $\dfrac{1}{x^2}\dfrac{\partial u}{\partial x} + (1+y^2)\dfrac{\partial u}{\partial y} = 1$;

   г) $\dfrac{1}{x}\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\sqrt{1+y^2}}{y}\dfrac{\partial u}{\partial y} = \mathrm{e}^u$; д) $\dfrac{1}{x}\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{1}{y}\dfrac{\partial u}{\partial y} = 4$ при условии $u(0, y) = y^2$.

3. Привести к каноническому виду дифференциальное уравнение для функции $u = u(x, y)$:

   а) $u''_{xx} + xyu''_{yy} = 0$; б) $\mathrm{e}^{2x}u''_{xx} + 2\mathrm{e}^{x+y}u''_{xy} + \mathrm{e}^{2y}u''_{yy} = 0$; в) $y^2u''_{xx} - \mathrm{e}^{2x}u''_{yy} + u'_x = 0$;

   г) $xu''_{xx} + 2\sqrt{xy}\,u''_{xy} + yu''_{yy} - u'_x = 0$; д) $u''_{xx} + 2u''_{xy} + 4u''_{yy} + 2u'_x + 3u'_y = 0$.

4. Решить краевую задачу Штурма – Лиувилля:

   а) $y''(x) - 2y'(x) + \lambda y(x) = 0$, $y(0) = y'(2) = 0$; б) $\left(xy'(x)\right)' + \lambda\dfrac{y(x)}{x} = 0$, $y(1) = y(2) = 0$.

   Записать соотношение ортогональности для собственных функций задачи.

5. Используя интегральное представление для функций Бесселя $J_n(x) = \dfrac{1}{2\pi}\displaystyle\int_{-\pi}^{\pi} \mathrm{e}^{-\mathrm{i}x\sin\varphi + \mathrm{i}n\varphi}\mathrm{d}\varphi$,

   вычислить интеграл $\displaystyle\int_0^{+\infty} J_1(xt)\,\mathrm{e}^{-yt}\mathrm{d}t$ $(y > 0)$.

6. Используя представление функций Бесселя в виде ряда $J_\alpha(x) = \displaystyle\sum_{k=0}^{\infty}\dfrac{(-1)^k x^{\alpha+2k}}{2^{\alpha+2k}k!\,\Gamma(\alpha+k+1)}$,

   найти функции Бесселя $J_{1/2}(x)$ и $J_{-1/2}(x)$.

7. С помощью представления функций Бесселя в виде ряда найти функцию $\dfrac{n}{x}J_n(x) + J'_n(x)$.

8. Используя представление функций Бесселя в виде ряда, вычислить интеграл

   $\displaystyle\int_0^{+\infty} J_\alpha(\lambda\rho)\,\mathrm{e}^{-t\lambda^2}\lambda^{\alpha+1}\mathrm{d}\lambda$ $(t > 0)$.

9. Проверить справедливость интегрального представления для функции Бесселя

   $J_0(x) = \dfrac{2}{\pi}\displaystyle\int_0^1 \dfrac{\cos(xt)}{\sqrt{1-t^2}}\mathrm{d}t$.

10. Непосредственной проверкой убедиться в том, что полином Лежандра

$$P_m(\cos\theta)=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\left(\cos\theta+\mathrm{i}\sin\theta\cos\varphi\right)^m \mathrm{d}\varphi .$$

11. Показать, что если функция $\upsilon(x)$ удовлетворяет уравнению Лежандра $(1-x^2)\upsilon''(x)-2x\upsilon'(x)+m(m+1)\upsilon(x)=0$, то для функции $y(x)=\upsilon^{(n)}(x)$ справедливо уравнение $(1-x^2)y''(x)-2(n+1)xy'(x)+(m-n)(m+n+1)y(x)=0$.

12. С помощью замены переменной $x=\cos\theta$ найти общее решение уравнения Чебышёва $(1-x^2)u''(x)-xu'(x)+n^2u(x)=0$ в области $-1\le x\le 1$.

13. С помощью производящей функции $\Psi(x,t)=\dfrac{1}{(1-t)^{\alpha+1}}\exp\left(-\dfrac{xt}{1-t}\right)$ получить формулу Родрига для полиномов Лагерра $L_n(x)$.

Задания на практическую подготовку

1. Найти решение уравнения Лапласа $u''_{xx}+u''_{yy}=0$ в области $0<x<a$, $0<y<b$, удовлетворяющее условиям $u(0,y)=0$, $u(a,y)=0$, $u(x,0)=A\sin\dfrac{\pi kx}{a}$, $u(x,b)=B\sin\dfrac{\pi mx}{a}$.
2. Найти решение $u(x,y)$ задачи Дирихле для гармонических функций в круге $x^2+y^2<1$, если на окружности $x^2+y^2=1$ имеет место условие $u(\cos\varphi,\sin\varphi)=\sin(2\varphi)$, $0\le\varphi\le 2\pi$.
3. Найти функцию Грина для полупространства и полуплоскости в случае первой краевой задачи.
4. Построить функцию источника для шара и круга методом электростатических изображений.
5. Найти условие, при соблюдении которого в круге $r=\sqrt{x^2+y^2}<b$ корректно поставлена задача Неймана $u''_{xx}(x,y)+u''_{yy}(x,y)=0$ $(0\le r<b)$, $\left.\dfrac{\partial u}{\partial r}\right|_{r=b}=\left.g(x,y)\right|_{r=b}$, если:

   а) $g(x,y)=A$; б) $g(x,y)=2x^2+A$; в) $g(x,y)=2xy$; г) $g(x,y)=Ay^2+B$.
6. Найти решения для уравнения Лапласа $\Delta u(x,y,z)=0$ в шаре $r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}<R$ с условием ограниченности функции $u(x,y,z)$ на этом шаре.
7. Найти решение задачи распространения тепла $u'_t=a^2u''_{xx}+A\cos\dfrac{(2m-1)\pi x}{2l}\cos(\omega t)$ на интервале $0<x<l$, удовлетворяющее условиям $u'_x(0,t)=0$, $u(l,t)=0$, $u(x,0)=0$.
8. Найти решение неоднородного уравнения теплопроводности $u'_t=a^2u''_{xx}+f(x,t)$ на интервале $0<x<l$, удовлетворяющее начальному условию $u(x,0)=\varphi(x)$ и граничными условиями $u(0,t)=0$, $u(l,t)=0$.
9. Начальная температура однородного шара $r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}\le R$ равна T_0. Найти температуру шара в последующие моменты времени $t>0$, если:

   а) поверхность шара поддерживается при температуре, равной нулю;

   б) внутрь шара через его поверхность подаётся постоянный тепловой поток плотностью q.
10. Методом функции Грина решить задачу Коши $u'_t=2\Delta u+t\cos x$ для функции

$u = u(x, y, z, t)$, удовлетворяющей начальному условию $u(x, y, z, 0) = \cos y \cos z$.

11. Найти решение задачи колебания струны $u''_{tt} = a^2 u''_{xx} + A \sin \dfrac{(2m-1)\pi x}{2l} \mathrm{e}^{-\gamma t} \cos(\omega t)$ на интервале $0 < x < l$, удовлетворяющее условиям $u(0,t) = 0$, $u'_x(l,t) = 0$, $u(x,0) = 0$, $u'_t(x,0) = 0$.
12. Решить уравнение $u''_{tt} = a^2 u''_{xx} - b^2 u + A$ на интервале $0 < x < l$ при нулевых начальных условиях $u(x,0) = 0$, $u'_t(x,0) = 0$ и граничных условиях $u(0,t) = B$, $u(l,t) = C$.
13. Решить задачу для уравнения колебаний в пространстве $u''_{tt}(x, y, z, t) = a^2 \Delta u(x, y, z, t)$, предполагая, что начальная скорость $u'_t(x, y, z, 0) = 0$, а начальное отклонение $u(x, y, z, 0) = \begin{cases} A \cos \dfrac{\pi r}{2R}, & r \le R; \\ 0, & r > R. \end{cases}$ Здесь $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.
14. Используя формулу Кирхгофа, решить задачу Коши $u''_{tt} = 8 \Delta u + (tx)^2$ для функции $u = u(x, y, z, t)$, удовлетворяющей начальным условиям $u(x, y, z, 0) = y^2$, $u'_t(x, y, z, 0) = z^2$.

Примерные задания контрольной работы

1 вариант

1. Найти общее решение дифференциального уравнения для функции $u = u(x, y)$:
$$\frac{\partial^5 u}{\partial x^4 \partial y} = y \, \mathrm{e}^{2y^2}.$$
2. Найти общий интеграл дифференциального уравнения для функции $u = u(x, y)$:
$$\frac{1}{x^2+1} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{y} \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{1}{\sin u}.$$
3. Привести к каноническому виду дифференциальное уравнение для функции $u = u(x, y)$:
$u''_{xx} - 2u''_{xy} - 3u''_{yy} = 0$.
4. Решить краевую задачу Штурма – Лиувилля $y''(x) + \lambda y(x) = 0$, $y'(0) = y'(l) = 0$. Записать соотношение ортогональности для собственных функций задачи.
5. Используя представление функций Бесселя в виде ряда, вычислить $J'_0(x)$.
6. Используя интегральное представление функций Бесселя целого порядка, выразить интеграл $\dfrac{1}{2\pi} \displaystyle\int_{-\pi}^{\pi} \mathrm{e}^{\mathrm{i} \lambda \rho \sin(\varphi + \theta) + \mathrm{i} m \theta} \mathrm{d}\theta$ через функцию Бесселя.
7. Вычислить интеграл $\displaystyle\int_0^{\pi} P_n(\cos\theta) \sin^3 \theta \, \mathrm{d}\theta$, где $P_n(x)$ – полином Лежандра.
8. Вычислить интеграл $\displaystyle\int_{-1}^{1} \frac{T_n^2(x)\,\mathrm{d}x}{\sqrt{1-x^2}}$, где $T_n(x) = \cos(n \arccos x)$ – полином Чебышева.

2 вариант

1. Найти решение уравнения Лапласа $u''_{xx} + u''_{yy} = 0$ в области $0 < x < a$, $0 < y < b$, удовлетворяющее граничным условиям $u'_x(0, y) = 0$, $u(a, y) = 0$, $u(x,0) = A\cos\dfrac{(2k-1)\pi x}{2a}$, $u(x,b) = B\cos\dfrac{(2m-1)\pi x}{2a}$.
2. Найти гармоническую функцию $u(r,\varphi)$ внутри круга $r < R$, удовлетворяющую условию $u'_r(R,\varphi) = \sin^3\varphi$.
3. Найти решение задачи распространения тепла $u'_t = a^2 u''_{xx} + A\sin\dfrac{\pi mx}{l}\cos(\omega t)$ на интервале $0 < x < l$, удовлетворяющее условиям $u(0,t) = u(l,t) = u(x,0) = 0$.
4. Найти решение задачи Коши для уравнения теплопроводности $u'_t = a^2 u''_{xx}$, $u(x,0) = \varphi(x)$, где $\varphi(x) = \begin{cases} u_0, & x_1 \le x \le x_2; \\ 0, & x < x_1,\, x > x_2. \end{cases}$
5. Найти решение задачи колебания струны $u''_{tt} = a^2 u''_{xx} + A\sin\dfrac{\pi mx}{l}\mathrm{e}^{-\gamma t}\sin(\omega t)$ на интервале $0 < x < l$, удовлетворяющее условиям $u(0,t) = u(l,t) = u(x,0) = 0$, $u'_t(x,0) = 0$.
6. Решить задачу колебания струны $u''_{tt} = a^2 u''_{xx}$ на интервале $0 < x < l$, если заданы условия $u(0,t) = 0$, $u(l,t) = 0$, $u(x,0) = A\sin\dfrac{\pi x}{l}$, $u'_t(x,0) = B$.

Примерные вопросы устного опроса

1. Сформулировать основные понятия и определения теории дифференциальных уравнений в частных производных. Привести примеры решений простейших дифференциальных уравнений в частных производных.
2. Дать определение характеристической системы и доказать теорему об общем решении линейного дифференциального уравнения в частных производных первого порядка.
3. Поставить задачу Коши для линейного дифференциального уравнения в частных производных первого порядка. Дать определение характеристических линий и доказать теорему об однозначной разрешимости задачи Коши.
4. Сформулировать основные понятия, определения для дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Привести их классификацию.
5. Сформулировать алгоритм приведения дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными к каноническому виду.
6. Вывести одномерное волновое уравнение. На примере поперечных или продольных колебаний стержней или электрических колебаний в проводах (на выбор) сформулировать для него возможные постановки начально-краевых задач.
7. Вывести двумерное (трёхмерное) волновое уравнение и сформулировать для него возможные постановки начально-краевых задач на примере колебаний мембраны или твёрдого тела.
8. Вывести одномерное уравнение теплопроводности и сформулировать для него возможные постановки начально-краевых задач.
9. Вывести уравнение распространения тепла (диффузии) в пространстве.
10. Поставить возможные краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Дать физическую интерпретацию поставленной задачи.
11. Вывести первую и вторую формулы Грина.
12. Сформулировать общую схему метода разделения переменных для однородного уравнения.

13. Сформулировать метод разделения переменных для неоднородного уравнения. Объяснить понятие неоднородных граничных условий.
14. Сформулировать задачу Штурма – Лиувилля для линейных дифференциальных уравнений. Самосопряженная форма уравнения задачи.
15. Исследовать влияние граничных условий на свойства собственных значений и собственных функций задачи Штурма – Лиувилля.
16. Сформулировать основные свойства решений задачи Штурма – Лиувилля. Доказать или привести идею доказательства любых двух свойств.
17. С помощью обобщённого степенного ряда получить частные решения уравнения Бесселя. Дать определение функции Бесселя.
18. Вычислить определитель Вронского функций Бесселя $J_\alpha(x)$ и $J_{-\alpha}(x)$. Найти общее решение уравнения Бесселя с нецелым индексом.
19. Дать определение функции Неймана. Вычислить определитель Вронского функций Бесселя и Неймана и найти общее решение уравнения Бесселя с произвольным индексом.
20. Доказать рекуррентные соотношения для функций Бесселя и сформулировать следствия из них.
21. Выразить функции Бесселя и Неймана полуцелых индексов через элементарные функции.
22. Дать определение функций Ханкеля.
23. Вычислить определитель Вронского функций Инфельда и Макдональда и найти общее решение модифицированного уравнения Бесселя.
24. Исходя из известных рекуррентных соотношений для функций Бесселя, доказать аналогичные соотношения для модифицированных функций.
25. Исследовать асимптотическое поведение цилиндрических функций (любых двух) в окрестности точек $x = 0$ и $x = \infty$.
26. С помощью обыкновенного дифференциального уравнения Лапласа доказать теорему об интегральном представлении частного решения уравнения Бесселя.
27. Исходя из интегрального представления решения уравнения Бесселя, доказать одну из формул (интегралов) Пуассона для функций Бесселя.
28. Найти решение задачи Штурма – Лиувилля для уравнения Бесселя.
29. Найти решение задачи Штурма – Лиувилля для уравнения Лежандра.
30. Дать определение присоединённых функций Лежандра. Найти частные решения уравнения Лежандра.
31. Дать определение сферических функций и получить условие их ортогональности.
32. Найти решение задачи Штурма – Лиувилля для уравнения Эрмита.
33. Доказать ортогональность полиномов Эрмита.
34. Решить задачу Штурма – Лиувилля для уравнения Лагерра и получить условие ортогональности полиномов Лагерра.
35. С помощью уравнения Пирсона получить обобщённое дифференциальное уравнение для классических ортогональных полиномов.
36. Получить формулу Родрига для классических ортогональных полиномов.
37. Получить формулу для производящей функции классических ортогональных полиномов.
38. Дать определение корректно поставленной задачи.
39. Провести редукцию начально-краевой задачи для уравнений математической физики.
40. Показать связь начально-краевой задачи для однородного уравнения (волнового или теплопроводности) с однородными граничными условиями с задачей Штурма – Лиувилля.
41. Показать связь начально-краевой задачи для неоднородного уравнения (волнового или теплопроводности) с однородными граничными условиями с задачей Штурма – Лиувилля.
42. Показать связь начально-краевой задачи для однородного уравнения с однородными начальными и неоднородными граничными условиями с задачей Штурма – Лиувилля.

43. Записать решение краевых задач для уравнений эллиптического типа через функцию Грина.
44. Получить фундаментальное решение уравнения Гельмгольца и Лапласа (плоский или пространственный случай).
45. Сформулировать основные свойства гармонических функций. Доказать любые два.
46. Дать понятие преобразования Кельвина и охарактеризовать поведение гармонических функций на бесконечности.
47. Поставить первую и третью краевые задачи. Сформулировать условия единственности и устойчивости их решения.
48. Привести схему метода разделения переменных (Фурье) для краевых задач для уравнения Лапласа на плоскости (декартова или полярная система координат).
49. Привести схему метода разделения переменных (Фурье) для краевых задач уравнения Лапласа в пространстве (цилиндрическая или сферическая система координат).
50. Вывести интеграл Пуассона или Дини.
51. Привести схему метода разделения переменных (Фурье) для краевых задач уравнения Гельмгольца.
52. Решить задачу Дирихле методом функций Грина.
53. Сформулировать один из методов построения функции Грина задачи Дирихле.
54. Вывести формулу Пуассона задачи Дирихле в пространстве.
55. Определить функцию Грина (Неймана) задачи Неймана для уравнения Лапласа и с ее помощью найти решение соответствующей задачи.
56. Сформулировать один из методов построения функции Грина задачи Неймана для уравнения Лапласа.
57. Решить задачу Коши для одномерного однородного волнового уравнения методом Даламбера.
58. Решить задачу Коши для одномерного неоднородного волнового уравнения методом Даламбера. Сформулировать принцип Дюамеля.
59. Решить смешанную задачу для одномерного волнового уравнения на полупрямой методом Даламбера.
60. Решить смешанную задачу для одномерного волнового уравнения на конечном отрезке методом Даламбера.
61. Решить смешанную задачу для одномерного однородного волнового уравнения на конечном отрезке методом Фурье. Дать определение фундаментального решения задачи.
62. Решить смешанную задачу для одномерного неоднородного волнового уравнения на конечном отрезке методом Фурье.
63. Сформулировать общую схему метода Фурье для одномерного волнового уравнения.
64. Получить решение уравнения Даламбера в виде сферической волны.
65. Поставить задачу Коши для уравнения Даламбера в пространстве. Вывести формулу Кирхгофа.
66. Поставить задачу Коши для уравнения Даламбера на плоскости. Вывести формулу Пуассона.
67. Сформулировать обобщенную задачу Коши для волнового уравнения в пространстве. Найти ее фундаментальное решение.
68. Методом Фурье решить задачу о колебаниях мембран или твёрдых тел.
69. Решить задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности методом Фурье.
70. Найти функцию Грина задачи Коши для одномерного уравнения теплопроводности и доказать ее свойства.
71. Решить задачу Коши для одномерного уравнения теплопроводности методом функций Грина.
72. Решить смешанную задачу для одномерного уравнения теплопроводности методом функций Грина или методом Фурье.
73. Найти функцию Грина задачи Коши для уравнения теплопроводности в пространстве.

74. Привести общую схему решения уравнения теплопроводности в пространстве.

Примерные вопросы к зачету с оценкой

1. Малые продольные колебания упругого стержня и малые поперечные колебания упругой струны.
2. Процессы диффузии и теплопроводности.
3. Стационарное распределение тепла. Задачи электростатики. Установившиеся электромагнитные колебания.
4. Постановка задач математической физики с начальными и граничными условиями.
5. Квазилинейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка. Характеристические уравнения.
6. Решение дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка с помощью характеристик.
7. Задача Коши для линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.
8. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными. Каноническая форма уравнений.
9. Приведение к каноническому виду дифференциальных уравнений в частных производных 2-го порядка с двумя независимыми переменными.
10. Классификация уравнений в частных производных 2-го порядка в случае многих независимых переменных.
11. Первая и вторая формулы Грина.
12. Полные и замкнутые системы функций.
13. Общая схема метода разделения переменных для однородного уравнения.
14. Метод разделения переменных для неоднородного уравнения. Неоднородные граничные условия.
15. Простейшие задачи Штурма – Лиувилля.
16. Уравнение специальных функций и свойства его решений. Цилиндрические функции. Уравнение Бесселя.
17. Степенной ряд для функций Бесселя, рекуррентные формулы. Функции Бесселя полуцелого порядка.
18. Интегральное представление функций Бесселя.
19. Функции Ханкеля и их интегральное представление. Связь функций Ханкеля и Бесселя.
20. Функция Неймана. Линейная независимость цилиндрических функций.
21. Асимптотика цилиндрических функций.
22. Цилиндрические функции чисто мнимого аргумента. Функции Инфельда и Макдональда.
23. Определение и основные свойства классических ортогональных полиномов.
24. Производящая функция классических ортогональных полиномов.
25. Полиномы Якоби. Полиномы Лежандра. Полиномы Чебышёва.
26. Полиномы Лагерра. Полиномы Эрмита.
27. Присоединенные функции Лежандра.
28. Краевая задача для присоединённых функций Лежандра. Полнота и замкнутость системы присоединенных функций Лежандра.
29. Сферические функции. Шаровые функции. Собственные функции оператора Лапласа для канонических областей.
30. Собственные функции круга. Собственные функции цилиндра. Собственные функции шара.
31. Общие свойства гармонических функций. Внутренние краевые задачи для уравнения Лапласа. Внутренняя задача Дирихле. Внутренние вторая и третья краевые задачи.

32. Внешние краевые задачи. Функции, регулярные на бесконечности. Единственность решения внешних задач в трехмерном случае.
33. Единственность решения внешних задач для уравнения Лапласа на плоскости. Функция Грина оператора Лапласа.
34. Функция Грина внутренней задачи Дирихле оператора Лапласа. Функция Грина внутренней третьей краевой задачи.
35. Функция Грина внутренней задачи Неймана. Функции Грина внешних краевых задач.
36. Функция Грина задачи Дирихле на плоскости.
37. Краевые задачи для уравнения Лапласа в круге, вне круга и в кольце.
38. Краевая задача для уравнения Лапласа в прямоугольнике.
39. Постановка начально-краевой задачи уравнения параболического типа. Принцип максимума. Теоремы единственности и устойчивости.
40. Существование решения уравнения теплопроводности в случае ограниченной области. Функция Грина.
41. Неоднородное уравнение теплопроводности и неоднородные граничные условия.
42. Задача Коши для уравнения теплопроводности. Фундаментальное решение, интеграл Пуассона.
43. Неоднородное уравнение теплопроводности на бесконечной прямой.
44. Уравнение теплопроводности на полупрямой. Формула Грина для уравнения теплопроводности.
45. Постановка начально-краевой задачи для уравнения колебаний в ограниченной области. Теорема единственности, устойчивость решения.
46. Вынужденные колебания ограниченной струны. Формула Грина для уравнения колебаний.
47. Уравнение колебаний на неограниченной прямой. Постановка задачи с начальными условиями для неограниченной струны. Формула Даламбера.
48. Существование, единственность и устойчивость решения задачи Коши для колебаний струны. Физическая интерпретация решения.
49. Колебания струны под действием мгновенного сосредоточенного импульса. Задачи на полуограниченной прямой. Однородные граничные условия первого и второго рода.
50. Колебания струны в неограниченном пространстве. Сферически-симметричный случай. Формула Кирхгофа. Формула Пуассона.
51. Уравнение Гельмгольца. Фундаментальные решения уравнения Гельмгольца. Потенциалы уравнения Гельмгольца.
52. Внутренние задачи для уравнения Гельмгольца. Функция Грина краевых задач для уравнения Гельмгольца. Условия излучения. Принцип предельного поглощения.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Шкала оценивания ответов студентов на зачете с оценкой

Количество баллов	Критерии оценивания
21-30	имеет место полное усвоение теоретического и практического материала; студент умеет доказать все теоремы из лекционного курса и решает все задачи и примеры из приведенных заданий
14-20	имеет место основное усвоение теоретического и практического материала; студент умеет доказать основные теоремы из лекционного курса и решает основные задачи и примеры из

	приведенных заданий
7-13	имеет место знание без доказательства основных теорем и формул курса; студент умеет решать задачи и примеры из приведенных заданий, являющиеся обобщением задач школьного курса математики
0 – 6	имеет место неусвоение основных теорем и формул курса; студент не умеет решать задачи и примеры из заданных заданий, являющиеся обобщением задач школьного курса математики

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине формируется из суммы баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации и выставляется в соответствии с приведенной ниже таблицей.

Оценка по 100-балльной системе	**Оценка по традиционной системе**
81 – 100	Отлично
61 – 80	Хорошо
41 – 60	Удовлетворительно
0 – 40	Неудовлетворительно

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Свешников А.Г., Боголюбов А.Н., Кравцов В.В. Лекции по математической физике: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 352 с. – ISBN 5-211-02073-1.
2. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: Учеб. пособие. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – ISBN 5-211-04138-0.
3. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики: Учебник для вузов. – 2-е изд., стереотип. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 400 с. – ISBN 5-9221-0310-5.
4. Будак Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник зазадач по математической физике. – 4-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 688 с. – ISBN 5-9221-0311-3.

6.2. Дополнительная литература

1. Арсенин В.Я. Методы математической физики и специальные функции. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. – 384 с.
2. Бицадзе А.В. Уравнения математической физики: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. – 336 с.
3. Бицадзе А.В., Калиниченко Д.Ф. Сборник задач по уравнениям математической физики. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977. – 224 с.
4. Владимиров В.С, Вашарин А.А., Каримова Х.Х. и др. Сборник задач по уравнениям математической физики. / Под ред. В.С. Владимирова. – 3-е изд., исправл. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 288 с. – ISBN 5-9221-0072-6.
5. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах: Учебное пособие для вузов. – М.: Оникс, 2005. – 415 с.
6. Смирнов М.М. Задачи по уравнениям математической физики. – М: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975. – 128 с., ил.
7. Соболева Е.С., Фатеева Г.М. Задачи и упражнения по уравнениям математической физики.

– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 96 с. – ISBN 978-5-9221-1053-2.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ: http://lib.mexmat.ru/
2. Математическое бюро: Учебники по математическому анализу: http://www.matburo.ru
3. http://www.library.mephi.ru/
4. http://ega-math.narod.ru/
5. http://neo-chaos.narod.ru/fikhtengolts.html

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:
Microsoft Windows
Microsoft Office
Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:
Система ГАРАНТ
Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных
fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования
pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации
www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства
ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)
7-zip
Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;

- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.