

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.


КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДЕПАРТАМЕНТ
ОБРАЗОВАНИЯ
(ДО КФУ)

_____ 20__ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Уравнения математической физики Б1.В.ОД.13

Направление подготовки: 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Даишев Р.А.

Рецензент(ы):

Попов А.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Сушков С. В.

Протокол заседания кафедры No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от " ____ " _____ 201__ г

Регистрационный No 640318

Казань
2018

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Даишев Р.А. Кафедра теории относительности и гравитации Отделение физики, Rinat.Daishev@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) Б3. Б12. "Линейные и нелинейные уравнения физики" является знакомство с основными типами уравнений математической физики, способами получения этих уравнений, методами их решения.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.13 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина Б3. Б12. "Линейные и нелинейные уравнения физики" входит в профессиональный цикл дисциплин.

Для освоения дисциплины студент должен уверенно владеть основами математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории дифференциальных уравнений, интегральных уравнений, вариационного исчисления.

Знания, полученные в результате освоения данного курса, необходимы для изучения всех последующих дисциплин, читаемых в Институте Физики, таких, как теоретическая механика, теория поля, квантовая механика, радиофизика и электроника, термодинамика и статистическая физика и т.д.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК-10 (общекультурные компетенции)	умением находить, анализировать и контекстно обрабатывать научно-техническую информацию
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике базовые профессиональные навыки
пк-4	умением строго доказать утверждение
пк-9	знанием корректных постановок классических задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать основные свойства и уметь работать с такими специальными функциями как функции Бесселя, полиномы Лежандра, присоединенные полиномы Лежандра, сферические функции; знать основные типы дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка и уметь приводить эти уравнения к каноническому виду; знать некоторые элементы теории обобщенных функций.

2. должен уметь:

уметь ставить краевые задачи и владеть методами решения этих задач;

3. должен владеть:

навыками работы со специальными функциями (функции Бесселя, полиномы Лежандра, присоединенные полиномы Лежандра, сферические функции)

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять специальные функции, такие как функции Бесселя, полиномы Лежандра, присоединенные полиномы Лежандра, сферические функции при решении математических и физических задач.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Специальные функции. Понятие о краевых задачах.	5	1-5	6	10	0	Устный опрос
2.	Тема 2. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений гиперболического типа.	5	6-8	6	6	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений параболического типа.	5	9-11	4	8	0	Контрольная работа
4.	Тема 4. Уравнения математической физики. Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа.	5	12-13	4	4	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Тема 5. Уравнения математической физики. Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца уравнениями гиперболического и параболического типов.	5	14-16	4	8	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Элементы теории обобщенных функций.	5	17-18	4	0	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			28	36	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Специальные функции. Понятие о краевых задачах.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Специальные функции. Понятие о краевых задачах. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля и их свойства. Функция Грина. Метод построения функции Грина. Физическая интерпретация функции Грина. Основные уравнения для цилиндрических функций. Уравнение Бесселя. Решение его для нецелого индекса. Решение уравнения Бесселя для целого индекса. Рекуррентное соотношение для функции Бесселя. Функции Бесселя с полуцелым индексом. Функции Неймана и Ханкеля. Ортогональность функций Бесселя. Ряд Бесселя - Фурье. Уравнение Лежандра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Полиномы Лежандра как решения уравнения Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Лежандра - Фурье. Присоединенные функции Лежандра и их выражение через производные от полиномов Лежандра. Решение 1-ой внутренней и внешней задач для шара в случае уравнения Лапласа. Сферические функции.

практическое занятие (10 часа(ов)):

Краевые задачи. Решение задачи Штурма-Лиувилля. Задачи 1.1 ? 1.15 из [4]. Разложение функций в ряд по собственным функциям задачи Штурма-Лиувилля. Задачи 2 - 9 из [4]. Приведение уравнений к каноническому виду. Задачи 1 ? 8 из [6]. Приведение уравнений к каноническому виду и нахождение решений уравнений. Задачи 9 ? 16 из [6]. Решение задачи Коши уравнений математической физики. Задачи из [6].

Тема 2. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений гиперболического типа.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Уравнения математической физики. Вариационный принцип в физике. Вывод вариационным методом уравнений свободных и вынужденных малых поперечных колебаний струны и мембраны. Вывод уравнений свободных и вынужденных малых продольных колебаний тонкого стержня. Классификация уравнений 2-го порядка с частными производными и приведение их к каноническому виду. Формулировка краевых задач и задачи Коши. Существование и единственность решения 1-ой краевой задачи для уравнений гиперболического типа. Решение задачи Коши для бесконечной струны. Физическая интерпретация решения. Решение задачи для свободных колебаний однородной струны с закрепленными концами. Стоячие волны. Решение задачи для вынужденных колебаний однородной струны. Решение задачи Коши для волнового уравнения в пространстве. Решение задачи о свободных колебаниях круглой мембраны с закрепленными границами.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Уравнения колебания с однородными граничными условиями. Задачи 25 ? 31 из [6]. Уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями Задачи 32 - 38 из [6]. Неоднородные уравнения колебаний и задачи с неоднородными граничными условиями. Задачи 39 - 44 из [6]. Неоднородные уравнения теплопроводности и задачи с неоднородными граничными условиями для них Задачи 45 - 50 из [6]. Уравнения колебаний и теплопроводности для прямоугольных областей. Задачи 51, 52, 53, 56,57 из [6].

Тема 3. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений параболического типа.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Вывод уравнений теплопроводности для тела, стержня. Диффузия газа в трубе. Постановка краевых задач и задачи Коши для уравнений теплопроводности. Принцип максимума и минимума. Единственность решения 1-ой краевой задачи. Решение 1-ой краевой задачи для уравнения теплопроводности без источников и с источниками. Метод интегральных преобразований Фурье. Задача Коши для бесконечного стержня. Функция Грина и ее физическая интерпретация. Дельта-функция Дирака.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Уравнения эллиптического типа для прямоугольных областей. Задачи 54, 55 из [6]. Задача Дирихле. Задачи 58 - 64 из [6]. Задача Дирихле. Задачи 65 - 69 из [6]. Метод интегральных преобразований Фурье. Задачи 70 - 74 из [6]. Метод интегральных преобразований Фурье. Задачи 75 - 80 из [6].

Тема 4. Уравнения математической физики. Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Теорема единственности решения для задач Дирихле и Неймана. Решение 1-ой внутренней краевой задачи для круга. Формула Пуассона. Объемный потенциал и его свойства. Потенциал простого слоя, двойного слоя. Метод потенциала решения краевых задач для уравнений эллиптического типа.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Специальные функции. Задачи 81 - 99 из [6]. Ряды Фурье по специальным функциям. Задачи 100 - 113 из [6]. Уравнения колебаний, приводящие к уравнению Бесселя. Задачи 114 ? 117 из [6]. Уравнения колебаний, приводящие к уравнению Бесселя. Задачи 118 ? 121 из [6]. Уравнения теплопроводности, приводящие к уравнению Бесселя. Задачи 122 ? 125 из [6].

Тема 5. Уравнения математической физики. Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца уравнениями гиперболического и параболического типов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца с некоторыми уравнениями гиперболического и параболического типов. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в ограниченной области. Собственные значения и собственные функции граничной задачи общего вида. Разложения по собственным функциям. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в цилиндрических и сферических координатах. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в бесконечной области. Разложения в ряды по частным решениям уравнения Гельмгольца в бесконечной области.

практическое занятие (8 часа(ов)):

Уравнения теплопроводности, приводящие к уравнению Бесселя. Задачи 126 ? 130 из [6]. Задачи, приводящие к полиномам Лежандра. Задачи 131- 134 из [6]. Задачи, приводящие к сферическим функциям. Задачи 135 - 141 из [6]. Уравнения Гельмгольца. Задачи 1 - 10 из гл.VII, [7].

Тема 6. Элементы теории обобщенных функций.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Элементы теории обобщенных функций. Векторное пространство и пространство распределений. Дельта-распределение Дирака. Дифференцирование распределений. Действия с распределениями. Уравнения в свертках. Преобразования Лапласа.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Специальные функции. Понятие о краевых задачах.	5	1-5	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
2.	Тема 2. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений гиперболического типа.	5	6-8	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
3.	Тема 3. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений параболического типа.	5	9-11	подготовка к контрольной работе	7	контрольная работа
4.	Тема 4. Уравнения математической физики. Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа.	5	12-13	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
5.	Тема 5. Уравнения математической физики. Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца уравнениями гиперболического и параболического типов.	5	14-16	подготовка к устному опросу	7	устный опрос
6.	Тема 6. Элементы теории обобщенных функций.	5	17-18	подготовка к контрольной работе	7	контрольная работа
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курс лекций и практических занятий, организованных по стандартной технологии в интерактивной форме с живым диалогом между преподавателем и студентом. Использование мультимедийных средств и Интернета.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Специальные функции. Понятие о краевых задачах.

устный опрос , примерные вопросы:

Понятие о краевых задачах. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля и их свойства. Функция Грина. Метод построения функции Грина. Физическая интерпретация функции Грина. Основные уравнения для цилиндрических функций. Уравнение Бесселя. Решение его для нецелого индекса. Решение уравнения Бесселя для целого индекса. Рекуррентное соотношение для функции Бесселя. Функции Бесселя с полувещным индексом. Функции Неймана и Ханкеля. Ортогональность функций Бесселя. Ряд Бесселя - Фурье. Уравнение Лежандра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Полиномы Лежандра как решения уравнения Лежандра. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Лежандра - Фурье. Присоединенные функции Лежандра и их выражение через производные от полиномов Лежандра. Решение 1-ой внутренней и внешней задач для шара в случае уравнения Лапласа. Сферические функции.

Тема 2. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений гиперболического типа.

устный опрос , примерные вопросы:

Вариационный принцип в физике. Вывод вариационным методом уравнений свободных и вынужденных малых поперечных колебаний струны и мембраны. Вывод уравнений свободных и вынужденных малых продольных колебаний тонкого стержня. Классификация уравнений 2-го порядка с частными производными и приведение их к каноническому виду. Формулировка краевых задач и задачи Коши. Существование и единственность решения 1-ой краевой задачи для уравнений гиперболического типа. Решение задачи Коши для бесконечной струны. Физическая интерпретация решения. Решение задачи для свободных колебаний однородной струны с закрепленными концами. Стоячие волны. Решение задачи для вынужденных колебаний однородной струны. Решение задачи Коши для волнового уравнения в пространстве. Решение задачи о свободных колебаниях круглой мембраны с закрепленными границами.

Тема 3. Уравнения математической физики. Вывод и решение уравнений параболического типа.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Классификация уравнений 2-го порядка с частными производными и приведение их к каноническому виду. 2. Решение задачи Коши для бесконечной струны. Физическая интерпретация решения. Решение задачи для свободных колебаний однородной струны с закрепленными концами. 3. Решение задачи для вынужденных колебаний однородной струны. 4. Решение задачи о свободных колебаниях круглой мембраны с закрепленными границами.

Тема 4. Уравнения математической физики. Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа.

устный опрос , примерные вопросы:

Уравнения эллиптического типа и краевые задачи для уравнений эллиптического типа. Теорема единственности решения для задач Дирихле и Неймана. Решение 1-ой внутренней краевой задачи для круга. Формула Пуассона. Объемный потенциал и его свойства. Потенциал простого слоя, двойного слоя. Метод потенциала решения краевых задач для уравнений эллиптического теплопроводности для тела, стержня. типа.

Тема 5. Тема 5. Уравнения математической физики. Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца уравнениями гиперболического и параболического типов.

устный опрос , примерные вопросы:

Уравнение Гельмгольца. Связь уравнения Гельмгольца с некоторыми уравнениями гиперболического и параболического типов. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в ограниченной области. Собственные значения и собственные функции граничной задачи общего вида. Разложения по собственным функциям. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в цилиндрических и сферических координатах. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в бесконечной области. Разложения в ряды по частным решениям уравнения Гельмгольца в бесконечной области.

Тема 6. Элементы теории обобщенных функций.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Метод потенциала решения краевых задач для уравнений эллиптического типа.
2. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в бесконечной области.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

БИЛЕТЫ К ЭКЗАМЕНАМ

Билет 1.

1. Основные уравнения для цилиндрических функций. Уравнение Бесселя. Решение его для нецелого индекса.
2. Вариационный принцип в физике. Вывод уравнений свободных и вынужденных малых поперечных колебаний струны.

Билет 2.

1. Решение уравнения Бесселя с целым индексом.
2. Вывод уравнения колебаний мембраны.

Билет 3.

1. Рекуррентное соотношение для функций Бесселя.
2. Вывод уравнений свободных и вынужденных малых продольных колебаний тонкого стержня.

Билет 4.

1. Функции Бесселя с полуцелым индексом. Функции Неймана и Ханкеля.
2. Формулировка краевых задач для уравнений гиперболического типа.

Билет 5.

1. Ортогональность функций Бесселя. Ряд Бесселя-Фурье.
2. Теорема о единственности решения для 1-ой краевой задачи в случае уравнения гиперболического типа.

Билет 6.

1. Уравнение Лежандра. Производящая функция и полиномы Лежандра.
2. Формулировка и решение задачи Коши для струны. Формула Даламбера. Физическая интерпретация решения.

Билет 7.

1. Рекуррентные соотношения для полиномов Лежандра. Доказательство того, что полиномы Лежандра являются решениями уравнения Лежандра.
2. Решение задачи о свободных колебаниях струны с закрепленными концами.

Билет 8.

1. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Лежандра-Фурье.

2. Решение задачи о вынужденных колебаниях струны с закрепленными и незакрепленными концами.

Билет 9.

1. Присоединенные функции Лежандра. Дифференциальная и интегральная формы для полиномов Лежандра (без вывода формул).

2. Решение задачи Коши для волнового уравнения в пространстве.

Билет 10.

1. Сведения о сферических функциях.

2. Решение задачи о свободных колебаниях круглой мембраны с закрепленными границами.

Билет 11.

1. Уравнения Фредгольма и Вольтерра I и II рода. Собственные значения и собственные функции ядра интегрального однородного уравнения.

2. Вывод уравнения теплопроводности. Диффузия газа в трубе.

Постановка краевых задач для уравнений параболического типа.

Билет 12.

1. Решение уравнения Фредгольма II рода с вырожденным ядром. Альтернатива Фредгольма (доказательство этой теоремы для уравнения с вырожденным ядром).

2. Принцип максимума и минимума для уравнения теплопроводности. Теорема о единственности решения первой краевой задачи для уравнения теплопроводности.

Билет 13.

1. Вторая и третья теоремы Фредгольма и доказательство этих теорем для уравнений с вырожденным ядром.

2. Решение 1-ой краевой задачи для уравнения теплопроводности без источника и с источником.

Билет 14.

1. Теорема о существовании и единственности решения уравнения Фредгольма II рода с малым параметром.

2 Шаровые функции.

Билет 15.

1. Сведения о приближенных методах решения интегрального уравнения.

2. Формулировка и решение задачи Коши для стержня в случае уравнения теплопроводности.

Билет 16.

1. Функция Грина (источника) в задаче Коши для уравнения теплопроводности и ее физическая интерпретация. Дельта-функция Дирака.

2. Ортогональность полиномов Лежандра. Ряд Лежандра-Фурье.

Билет 17.

1. Уравнения эллиптического типа и краевые задачи. Теоремы единственности решения 1-ой внутренней краевой задачи (задачи Дирихле и Неймана).

2. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка (гиперболический тип уравнения).

Билет 18.

1. Решение 1-ой краевой задачи (внутренней) для круга. Формула Пуассона.

2. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка (параболический тип уравнения).

Билет 19.

1. Объемный потенциал и его свойства.

2. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка (эллиптический тип уравнения).

Билет 20.

1. Потенциал простого слоя, двойного слоя. Метод потенциала при решении краевых задач.
2. Решения внутренней и внешней задач для шара в случае уравнения Лапласа.

Билет 21.

1. Понятие о краевых задачах. Задача Штурма-Лиувилля.
2. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в ограниченной области.

Билет 22.

1. Собственные значения и собственные функции задачи Штурма-Лиувилля и их свойства.
- 2 Дифференцирование распределений.

Билет 23.

1. Сферически симметрические решения уравнения Гельмгольца в бесконечной области.
2. Функция Грина. Метод построения функции Грина.

Билет 24.

1. Метод интегральных преобразований Фурье.
2. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в цилиндрических координатах.

Билет 25.

1. Разделение переменных в уравнении Гельмгольца в сферических координатах.
2. Уравнения в свертках. Преобразования Лапласа.

7.1. Основная литература:

1. А.Б. Балакин. Три лекции по теории функций Бесселя: Учебно-методическое пособие. -Казань: Казанский государственный университет, 2009.-56с. 31 экз
2. Ильин, А.М. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2009. ? 192 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2181>. ? Загл. с экрана.
3. Соболева, Е.С. Задачи и упражнения по уравнениям математической физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.С. Соболева, Г.М. Фатеева. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2012. ? 96 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5295>. ? Загл. с экрана.
4. Треногин, В.А. Уравнения в частных производных [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Треногин, И.С. Недосекина. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2013. ? 228 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59744>. ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

1. Владимиров, Василий Сергеевич. Уравнения математической физики: учеб. для студентов вузов / В.С. Владимиров, В.В. Жаринов.—2-е изд., стер.—Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004.—398 с. 156 экз.
2. Р.А. Даишев, Б.С. Никитин. Расчетные задания по математике. Уравнения математической физики.-Казань, 2005. 188 экз.
3. Р.А. Даишев, Б.С. Никитин. Уравнения математической физики. Сборник задач.-Казань, 2005. 191 экз.
4. Будак, Б.М. Сборник задач по математической физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.М. Будак, А.А. Самарский, А.Н. Тихонов. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2004. ? 688 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63669>. ? Загл. с экрана.

7.3. Интернет-ресурсы:

А. Б. Балакин Классические ортогональные полиномы -
<http://toig-kazan.narod.ru/education/V/minipoly.pdf>

А. Б. Балакин Три лекции по теории функций Бесселя -
http://www.ksu.ru/f6/bin_files/balakinbessel!34.pdf

Н. Р. Хуснутдинов Уравнения математической физики - Уравнение колебаний струны -
http://www.ksu.ru/f6/docs/met_pos/string.pdf

Н. Р. Хуснутдинов Уравнения математической физики - Уравнение теплопроводности -
http://www.ksu.ru/f6/docs/met_pos/heat.pdf

Р. А. Даишев, Б. С. Никитин Уравнения математической физики. Сборник задач -
<http://toig-kazan.narod.ru/education/V/Zad1.pdf>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации КФУ -
<http://old.kpfu.ru/f6/k6/index.php?id=15&idm=5>

Сайт кафедры теории относительности и гравитации КФУ -
<http://toig-kazan.narod.ru/education.htm>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Уравнения математической физики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Даишев Р.А. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Попов А.А. _____

"__" _____ 201__ г.