Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЯЭ О.Н. Шишова

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Уравнения математической физики»

Разработчик	Кафедра "Проектирование и эксплуатация АЭС"
Направление (специальность) подготовки	14.05.01 Ядерные реакторы и материалы
Наименование ООП	14.05.01_01 Ядерные реакторы
Квалификация (степень) выпускника	**инженер-физик**
Образовательный стандарт	**СУОС СПбПУ**
Форма обучения	**Очная**

Руководитель ОП

Соответствует СУОС СПбПУ
Утверждена протоколом заседания кафедры "ПиЭАЭС"
от «08» мая 2018 г. № 12

Аннотацию разработал:
Доцент, к.ф.-м.н. Е.И. Логачева

Цели освоения дисциплины

1. Целью преподавания учебной дисциплины «Уравнения математической физики» является ознакомление студентов с методами построения математических моделей различных процессов и явлений естествознания, экономики, социологии, изучение основных методов исследования возникающих при этом математических задач, выяснение смысла полученных решений.
2. При преподавании учебной дисциплины «Уравнения математической физики» ставятся следующие задачи: привить студентам устойчивые навыки построения математических моделей процессов и явлений различной природы; обучить студентов теории дифференциальных уравнений в частных производных; научить студентов методам исследования математических задач, возникающих в процессе математического моделирования процессов; дать студентам опыт получения содержательных выводов из математических результатов; привить студентам понимание применимости одних и тех же математических методов к решению задач о поведении систем совершенно различной природы: физических, экономических, биологических, социальных; дать студентам представление о потенциальных возможностях и ограничениях математического моделирования в естествознании, технике, экономике, социологии; дать представление о проблематике теории обобщенных решений уравнений в частных производных; развить у студентов аналитическое мышление и общую математическую культуру; привить студентам умение самостоятельно изучать учебную и научную математическую литературу. подготовить студентов к восприятию математического аппарата и методов современной теоретической физики.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-1	**Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования**
ИД-17 ОПК-1	Применяет методы математического моделирования при решении профессиональных задач в области уравнений математической физики для ЯЭУ
ИД-22 ОПК-1	Применяет методы математического моделирования при решении профессиональных задач в области уравнений математической физики для ЯЭУ

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знает методы математического моделирования при решении профессиональных задач в области уравнений математической физики для ЯЭУ

умения:

- Умеет использовать методы математического моделирования при решении профессиональных задач в области уравнений математической физики для ЯЭУ

навыки:

- Владеет навыками интерпретации результатов математического моделирования при решении профессиональных задач в области уравнений математической физики для ЯЭУ

Виды учебной работы

<table>
<tr><th rowspan="2">Виды учебной работы</th><th>Трудоемкость по семестрам</th></tr>
<tr><th>Очная форма</th></tr>
<tr><td>Лекционные занятия</td><td>48</td></tr>
<tr><td>Практические занятия</td><td>32</td></tr>
<tr><td>Самостоятельная работа</td><td>55</td></tr>
<tr><td>Часы на контроль</td><td>45</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Общая трудоемкость освоения дисциплины</td><td>180, ач</td></tr>
<tr><td>5, зет</td></tr>
</table>

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

<table>
<tr><th rowspan="2">Формы текущего контроля и промежуточной аттестации</th><th>Количество по семестрам</th></tr>
<tr><th>Очная форма</th></tr>
<tr><td colspan="2">Промежуточная аттестация</td></tr>
<tr><td>Экзамены, шт.</td><td>1</td></tr>
</table>

Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных Классификация уравнений в частных производных второго порядка.	Классификация дифференциальных уравнений с частными производными 2 порядка с двумя независимыми переменными, линейных относительно старших производных. Определение уравнения с частными производными 2 порядка с двумя независимыми переменными. Типы указанных уравнений: линейное относительно старших производных; квазилинейное относительно старших производных; линейное, с постоянными коэффициентами. Задача о замене независимых переменных с целью приведения уравнения, линейного относительно старших производных к наиболее простому виду. Вычисление коэффициентов при старших производных в новых переменных. Случай линейного уравнения. Характеристическое уравнение для уравнения, линейного относительно старших производных. Характеристики уравнения. Классификация уравнений, линейных относительно старших производных: уравнения гиперболического, параболического, эллиптического типов. Локальность типа уравнения. Приведение уравнения к канонической форме в точке в соответствие с принадлежностью его к какому-либо типу в этой точке. Определение линейного уравнения с частными производными 2 порядка с n независимыми переменными. Локальность типа уравнения.

2. Уравнения гиперболического типа. Задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Метод	Задачи, приводящие к уравнениям гиперболического типа. Начальные и граничные условия. Вывод волнового уравнения поперечных колебаний однородной нерастяжимой струны. Начальные и граничные условия. Понятие нерастяжимой струны. Линейная плотность. Сила натяжения. Смещение точек струны как функция координат и времени. Вывод уравнения поперечных колебаний струны. Физический смысл входящих в него величин. Неоднородное и однородное уравнения. Случай внешней силы, сосредоточенной в точке. Роль граничных и начальных условий. Начальные условия. Основные типы граничных условий: «заданный режим» (1-я краевая задача), «заданная сила» (2-я краевая задача), «упругое закрепление» (3-я краевая задача). Предельные случаи поставленной задачи: задача с начальными условиями для бесконечной и для полубесконечной струны; задача без начальных условий (задача на «установившийся режим»). Метод распространяющихся волн. Волновое уравнение, его гиперболичность, начальные условия, область их определения. Отсутствие граничных условий. Преобразование уравнения к первой канонической форме. Формула Даламбера для общего решения. Применение начальных условий. Формула Даламбера для решения с учетом начальных условий. Частный случай решения волнового уравнения свободных поперечных колебаний однородной бесконечной нерастяжимой струны методом Даламбера (методом характеристик): равенство нулю начальных скоростей точек струны. Физический смысл формулы Даламбера: распространение прямой и обратной волн, скорость их распространения. Графическое изображение решения, пример. Рассмотрение с использованием фазовой плоскости. Характеристики точки струны. Частный случай решения волнового уравнения свободных поперечных колебаний однородной бесконечной нерастяжимой струны методом Даламбера (методом характеристик): равенство нулю начальных смещений точек струны. Учет равенства нулю начальных смещений. Физический смысл формулы Даламбера: распространение прямой и обратной волн, скорость их распространения. Рассмотрение с использованием фазовой плоскости. Решение волнового уравнения свободных поперечных колебаний однородной ограниченной нерастяжимой струны с закрепленными концами методом Даламбера (методом характеристик). Волновое уравнение, начальные и граничные условия. Необходимость продолжения начальных условий за границы струны - чисто математическая операция. Осуществление продолжения начальных условий, закон продолжения: нечетность, периодичность. Применение метода характеристик на фазовой плоскости. Действие закрепленных концов струны на

3. Специальные функции математической физики. Общий взгляд на метод разделения переменных для уравнений с частными производными. Цилиндрические функции. ферические функции. Задача Дирихле для сферы.	Специальные функции математической физики. Множество основных функций. Понятие обобщенной функции. δ-функция. Сходимость в классе обобщенных функций. Дифференцирование в классе обобщенных функций. Интегрирование δ- функции. Определение производной обобщенной функции. Обозначения. Интеграл от произведения основной функции и δ-функции по конечному промежутку вещественной оси. Общий взгляд на метод разделения переменных для уравнений с частными производными.Задача Штурма - Лиувилля в общем виде. Задача для круга: уравнение Бесселя n-ого порядка, цилиндрические функции. Задача для шара: уравнение Бесселя, сферические функции. Общее уравнение теории специальных функций. Частные случаи:задача, приводящая к тригонометрическим функциям; задача, приводящая к уравнению Бесселя; задача, приводящая к уравнению Лежандра; задача, приводящая к уравнению присоединенных функций Лежандра; задача, приводящая к уравнению Чебышева - Эрмита; задача, приводящая к уравнению Чебышева - Лагерра. Цилиндрические функции.Уравнение цилиндрических функций n-ного порядка. Рекуррентные формулы. Уравнение Бесселя n - ного порядка. Примеры задач, приводящих к цилиндрическим функциям. Нахождение решение уравнения Бесселя в виде суммы степенного ряда. Функция Бесселя I рода ν-го порядка. Рекуррентные соотношения между функциями Бесселя I рода различных порядков. Функции Бесселя I- рода полуцелого порядка. Асимптотический порядок цилиндрических функций. Выражения для функций Бесселя полуцелого порядка. Асимптотическое поведение цилиндрических функций. Краевые задачи для уравнения Бесселя. Постановка и решение задачи о собственных колебаниях круглой мембраны. Различные типы цилиндрических функций. Функции Ханкеля I и II рода как комплексно сопряженные решения уравнения Бесселя.Функции Неймана. Связь между функциями Ханкеля и Неймана и функциями Бесселя. Сферические функции. Полиномы Лежандра. Производящая функция и полиномы Лежандра. Рекуррентные формулы. Ортогональность полиномов Лежандра. Норма полиномов Лежандра. Нули полиномов Лежандра. Присоединенные функции Лежандра. Норма присоединенных функций. Замкнутость системы присоединенных функций. Гармонические полиномы и сферические функции. Гармонические полиномы. Шаровые функции. Сферические функции. Ортогональность системы сферических функций. Разложение по сферическим функциям. Примеры применения сферических функций. Задача Дирихле для сферы.

4. Уравнения параболического типа. Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Принцип максимального (минимального) значения. Применение метода разделения переменных (метода Фурье) к решению уравнения теплопроводности.	Простейшие задачи, приводящие к уравнениям параболического типа. Постановка краевых задач. Линейная задача о распространении тепла. Постановка задачи. Вывод одномерного уравнения теплопроводности. Постановка краевых задач для одномерного уравнения теплопроводности. Различные типы граничных условий. Типы краевых задач, предельные случаи. Принцип максимального (минимального) значения для одномерного уравнения теплопроводности. Формулировка и доказательство принципа максимального (минимального значения) для одномерного уравнения теплопроводности. Теорема о единственности решения краевой задачи для одномерного неоднородного уравнения теплопроводности для ограниченного стержня. Следствия принципа максимального значения. Применение метода разделения переменных (метода Фурье) к решению одномерного уравнения теплопроводности. Решение однородной краевой задачи для однородного уравнения теплопроводности методом разделения переменных. Постановка задачи. Задача Штурма - Лиувилля. Решение исходной задачи. Обоснование возможности представления решения задачи в виде ряда. Функция мгновенного точечного источника тепла для однородного уравнения теплопроводности с однородными граничными условиями. Введение указанной функции. Физический смысл. Решение однородной краевой задачи для неоднородного уравнения теплопроводности. Постановка задачи. Решение задачи с нулевым начальным условием. «Смещенная» функция мгновенного точечного источника тепла. Физический смысл. Построение решения задачи с ненулевым начальным условием. Решение общей первой краевой задачи для неоднородного уравнения теплопроводности. Постановка и решение задачи.

5. Уравнения эллиптического типа. Уравнения Гельмгольца. Задачи, приводящие к уравнениям Лапласа и Пуассона. Фундаментальные решения уравнения Лапласа в пространстве и на плоскости. Функция Грина оператора Лапласа. Уравнение Гельмгольца.	Уравнения Лапласа и Пуассона. Примеры адач, приводящих к уравнениям Лапласа и Пуассона: стационарное тепловое поле, потенциалы электрического поля стационарного тока и стационарно распределенных электрических зарядов. Определение гармонической в области функции. Фундаментальные решения уравнения Лапласа в пространстве и на плоскости. Интегральное представление гармонической функции, формула Пуассона. Теорема о максимальном значении. Примеры задач, приводящих к уравнениям Лапласа и Пуассона: задача Дирихле, задача Неймана. Функция Грина оператора Лапласа, свойства функции Грина. Решение задачи Дирихле для шара и круга. Решение краевых задач для простейших областей методом разделения переменных. Первая краевая задача для круга. Интеграл Пуассона. Основные задачи, приводящие к уравнению Гельмгольца. Установившиеся колебания. Постановки краевых задач для уравнения Гельмгольца. Частные решения уравнения Гельмгольца в двумерной системе координат. Краевые задачи для уравнения Гельмгольца внутри круга и вне круга. Частные решения уравнения Гельмгольца в трехмерной системе координат. Краевые задачи для уравнения Гельмгольца внутри шара и вне шара. Функция влияния точеных источников. Потенциалы.