

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

«16» июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (специальность) 01.04.14 Теплофизика и теоретическая
теплотехника

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Математические методы теоретической теплофизики»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07 2014 г. № 867 и паспорта специальности 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение математического аппарата, требуемого для теоретического описания теплофизических задач.

Задачами дисциплины являются:

- обучение дополнительному математическому аппарату и применению его для теоретического описания теплофизических задач;
- обучение навыкам применения методов и алгоритмов нелинейной динамики.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к обоснованному выбору предмета самостоятельных научных исследований в области теплофизики и теоретической теплотехники (ПК-1);
- готовность к проведению экспериментов и анализу результатов измерений в области теплофизики и теоретической теплотехники (ПК-3).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- основные специальные функции, нерегулярные геометрические модели, виды дробных производных и интегралов (ПК-1);
- алгоритмы определения емкости множества, показателя Ляпунова динамической системы и временного ряда (ПК-1);
- принципы масштабной инвариантности теоретических моделей (ПК-1);
- ограничения традиционных конвективно-диффузионных моделей описания теплофизических процессов (ПК-1).

уметь:

- применять алгоритмы определения характеристик динамических систем (ПК-1);
- выявлять скейлинговые закономерности в экспериментальных данных (ОПК-1);

владеть:

- изученным математическим аппаратом для самостоятельного описания теоретических задач тепло- и массопереноса (УК-1);
- методами анализа экспериментальных данных с целью выяснения природы исследуемого явления (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Специальные функции математической физики.

Гамма-функция, ее основные свойства. Бета-функция. Гипергеометрическая функция. Дзета-функция Римана. Функция Миттаг-Лefлера. Интегральные преобразования. Преобразования Фурье, Лапласа и Меллина.

2. Скейлинг.

Размерности: топологическая, Хаусдорфа, Минковского. Фракталы. Автомодельные переменные и автомодельные решения дифференциальных уравнений. Солитоны, уравнение Кортевега – де Фриза и нелинейное

уравнение Шредингера. Анализ размерностей. Скейлинг в термодинамике. Скейлинг в теории турбулентности.

3. Устойчивость динамических систем.

Устойчивость точек на прямой и плоскости. Нормальные формы бифуркаций коразмерности 1. Показатель Ляпунова, методы его определения для систем обыкновенных дифференциальных уравнений и экспериментальных данных. Анализ временных рядов. Странные аттракторы. Хаотические и стохастические динамические системы.

4. Дробное интегрирование.

Интеграл и производная Римана-Лиувилля. Производная Маршо. Производная Грюнвальда-Летникова. Фрактальное броуновское движение. Аномальная диффузия. Дробно-дифференциальное уравнение диффузии, его автомодельные свойства..

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 7 семестр
– дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Гамма-функция, ее основные свойства.
2. Бета-функция.
3. Гипергеометрическая функция.
4. Дзета-функция Римана.
5. Функция Миттаг-Леффлера.
6. Интегральные преобразования.
7. Преобразования Фурье, Лапласа и Меллина.
8. Размерности: топологическая, Хаусдорфа, Минковского.
9. Фракталы.
10. Автомодельные переменные и автомодельные решения дифференциальных уравнений.
11. Солитоны.
12. Уравнение Кортевега – де Фриза.

13. Нелинейное уравнение Шредингера.
14. Анализ размерностей.
15. Скейлинг в термодинамике.
16. Скейлинг в теории турбулентности.
17. Устойчивость точек на прямой и плоскости.
18. Нормальные формы бифуркаций коразмерности 1.
19. Показатель Ляпунова, методы его определения.
20. Анализ временных рядов.
21. Странные аттракторы.
22. Хаотические и стохастические динамические системы.
23. Интеграл и производная Римана-Лиувилля.
24. Производная Маршо.
25. Производная Грюнвальда-Летникова.
26. Фрактальное броуновское движение.
27. Аномальная диффузия.
28. Дробно-дифференциальное уравнение диффузии, его автомодельные свойства.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Специальные функции математической физики : учебное пособие / А. Ф. Никифоров, В. Б. Уваров . – 3-е изд . – Долгопрудный : Интеллект, 2007 . – 344 с. - ISBN 978-5-89155-165-7 .
2. Методы нелинейной математической физики / Н. А. Кудряшов . – Долгопрудный : Интеллект, 2010 . – 368 с. - ISBN 978-5-91559-088-4 .

3. Автомодельные явления - анализ размерностей и скейлинг : учебное пособие : пер. с англ. / Г. И. Баренблатт . – Долгопрудный : Интеллект, 2009 . – 216 с. – (Физтеховский учебник) . - ISBN 978-5-915590-17-4 .
4. Нелинейная динамика. Подходы, результаты, надежды / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов, А. В. Подлазов . – 3-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2011 . – 280 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему) . - ISBN 978-5-397-01696-4 .

Дополнительная литература:

5. Топологические методы в гидродинамике : пер. с англ. / В. И. Арнольд, Б. А. Хесин . – изд., доп . – М. : МЦНМО, 2007 . – 392 с. - ISBN 978-5-940573-12-8 .
6. Теория катастроф / В. И. Арнольд . – 5-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2007 . – 136 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему) . - ISBN 978-5-354-01142-1 .
7. Гамильтонов хаос и фрактальная динамика : пер. с англ. / Г. М. Заславский . – М. : Регулярная и хаотическая динамика ; Ижевск : Ижевск. ин-т компьютерных исслед., 2010 . – 472 с. - ISBN 978-5-93972-834-8 .

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

1. Реферативные базы данных научного цитирования SCOPUS (<http://www.scopus.com>), WEB OF SCIENCE (<http://webofknowledge.com>), РИНЦ (<http://elibrary.ru>).