

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Казанский научный центр Российской академии наук**

Утверждаю
Председатель КазНЦ РАН

_____ О.Г.Синяшин
_____ 2016г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
Аналитические методы в теории теплопроводности

основная образовательная программа подготовки аспиранта
по направлению 03.06.01 Физика и астрономия

Профиль программы Теплофизика и теоретическая теплотехника

Уровень высшего образования подготовки научно-педагогических кадров
в аспирантуре

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Казань 2016

Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 03.06.01 Физика и астрономия.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета КазНЦ РАН Протокол № ___ от _____ 2016 г.

Разработчик

Ю.А. Кирсанов

1. Цель изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Аналитические методы в теории теплопроводности» является углубление знаний по теории теплообмена и математике, имеющим значение для решения фундаментальных и прикладных задач при выполнении диссертационной работы.

Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- краевых задач теплопроводности твердых и текучих сред;
- аналитических методов решения краевых задач теплопроводности: метода отдельных переменных, интегральных преобразований Лапласа, Фурье, конечных интегральных преобразований Фурье и Ханкеля;
- сопряженных задач теплопроводности твердых и текучих сред;
- методов аналитического решения сопряженных задач теплопроводности;
- исследование теплообмена между поверхностью твердого тела и теплоносителем на основе решения сопряженной задачи теплопроводности;
- теплопроводности тел при быстро протекающей теплопроводности.

2. Место учебной дисциплины в структуре профессиональной подготовке

Дисциплины «Аналитические методы в теории теплопроводности» относится к вариативной части и является дисциплиной по выбору аспирантов при освоении ООП ВО по направлению подготовки 03.06.01- Физика и астрономия, направленность 01.14.04 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

3. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование профессиональной компетенций ПК-1

способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Аспирант должен знать : - дифференциальные уравнения теплопроводности твердых и текучих сред с внутренними источниками тепла и без источников тепла; - математические формулировки краевых задач тепло-	Лекции. Самостоятельная работа обучающихся по изучению теоретического материала Практические занятия	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля

<p>проводности 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода, задач с циклическими граничными условиями;</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы аналитического решения краевых задач теплопроводности; - особенности явления теплопроводности при быстро протекающих процессах, дифференциальное уравнение теплопроводности гиперболического типа; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решать краевые задачи нестационарной теплопроводности методом разделения переменных; - решать краевые задачи стационарной и нестационарной теплопроводности методами интегральных переменных; - решать краевые задачи нестационарной теплопроводности с циклическими граничными условиями; <p>демонстрировать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - эрудицию и осведомленность в применении аналитических методов; - подготовленность к самостоятельному изучению и пониманию специальной, научной, справочной и методической литературы, связанной с аналитическими методами; - умение использования современных информаци- 		
--	--	--

<p>онных технологий в области аналитических методов;</p> <p>- способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теплофизики (в соответствии с профилем аспирантуры) и решать их с помощью аналитических методов;</p> <p>- способность вырабатывать новые идеи.</p>		
--	--	--

4. Объем дисциплины и количество учебных часов

Вид учебной работы	Количество учебных часов
Лекции (минимальный объем теоретических знаний)	9
Практические занятия	9
Другие виды учебной работы (авторский курс, учитывающий результаты исследований научных школ, в т.ч. региональных)	
Внеаудиторные занятия	
Самостоятельная работа аспиранта	18
ИТОГО	36

4.1. Содержание дисциплины

4.1.1. Содержание лекционных занятий

№ темы	Содержание	Количество часов
1.	Метод разделения переменных	1
2.	Метод интегрального преобразования Лапласа	
3.	Синус-преобразование Фурье	1
4.	Косинус-преобразование Фурье	
5.	Конечное интегральное преобразование Фурье. Задача Штурма-Лиувилля.	1
6.	Конечное интегральное преобразование Ханкеля	
7.	Стационарная задача теплообмена двумерного пористого тела с однофазным	1

	теплоносителем. Сопряженная задача теплопроводности.	
8.	Нестационарная краевая задача теплопроводности тела при циклических граничных условиях 3-го рода	1
9.	Стационарная сопряженная задача теплопроводности каркаса пористого тела и фильтрующегося сквозь него теплоносителя.	1
10.	Дифференциальное уравнение теплопроводности твердого тела гиперболического типа. Гипотезы Лыкова и Каттанео-Верно, уравнение двухфазного запаздывания. Начальные и граничные условия нестационарной краевой задачи при быстро протекающих процессах.	2
11.	Быстро протекающая теплопроводность в твердом теле при циклических граничных условиях. Тепловой резонанс. Второе начало термодинамики в условиях быстро протекающих процессов.	1
Всего		9

4.1.2. Практические занятия

№ темы	Содержание	Количество часов
1.	Определение температурных полей в бесконечной пластине при граничных условиях первого рода. Метод разделения переменных и метод конечных интегральных преобразований Фурье.	1
2.	Определение температурных полей в бесконечном цилиндре при граничных условиях второго рода. Метод конечных интегральных преобразований Ханкеля.	1
3.	Определение температурных полей в бесконечной пластине при граничных условиях третьего рода.	1
4.	Определение температурных полей в бесконечной пористой пластине, охлаждаемой газом.	2
5.	Быстропротекающая теплопроводность в одномерном цилиндре при внезапном изменении граничных условий.	2
6.	Быстропротекающая теплопроводность в одномерном цилиндре при циклических граничных условиях.	2
Всего		9

4.1.3. Самостоятельная работа аспиранта

№ темы	Содержание	Количество часов
1.	Метод разделения переменных	1
2.	Метод интегрального преобразования Лапласа	1
3.	Синус-преобразование Фурье	1
4.	Косинус-преобразование Фурье	1
5.	Конечное интегральное преобразование Фурье. Задача Штурма-Лиувилля.	1
6.	Конечное интегральное преобразование Ханкеля	1
7.	Стационарная задача теплообмена двумерного пористого тела с однофазным теплоносителем. Сопряженная задача теплопроводности.	2
8.	Нестационарная краевая задача теплопроводности тела при циклических граничных условиях 3-го рода	2
9.	Стационарная сопряженная задача теплопроводности каркаса пористого тела	2

	и фильтрующегося сквозь него теплоносителя.	
10.	Дифференциальное уравнение теплопроводности твердого тела гиперболического типа. Гипотезы Лыкова и Каттанео-Верно, уравнение двухфазного запаздывания. Начальные и граничные условия нестационарной краевой задачи при быстро протекающих процессах.	3
11.	Быстро протекающая теплопроводность в твердом теле при циклических граничных условиях. Тепловой резонанс. Второе начало термодинамики в условиях быстро протекающих процессов.	3
Всего		18

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Сопровождение лекций визуальными материалами в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий, проецируемых на экран с помощью видеопроектора.
3. Проведение практических работ в лабораториях, участие обучающихся в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и Интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

7.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос (УГО). Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

7.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра в форме зачета.

Перечень вопросов к зачету:

Дифференциальные уравнения теплопроводности твердых и текучих сред при наличии и в отсутствие внутреннего тепловыделения. Уравнения теплопроводности параболического и гиперболического типа. Гипотезы Фурье и Лыкова-Каттанео-Вернотта.

Математическая формулировка краевых задач теплопроводности 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода, задач с циклическими граничными условиями.

Решение краевых задач теплопроводности методом разделения переменных.

Решение краевых задач теплопроводности интегральным методом Лапласа.

Решение краевых задач теплопроводности методами интегральных преобразований Фурье (синус и косинус преобразования).

Решение краевых задач теплопроводности методом конечных интегральных преобразований Фурье, Ханкеля, Фурье-Ханкеля.

Решение краевых задач теплопроводности твердого тела при циклических граничных условиях.

Сопряженные задачи теплопроводности твердого тела и обтекающего его теплоносителя. Методы решения сопряженных стационарных и нестационарных задач теплопроводности.

Решение краевой задачи теплопроводности с дифференциальным уравнением гиперболического типа при граничных условиях 3-го рода. Условия возникновения теплового резонанса. Второе начало термодинамики в условиях быстро протекающих процессов.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебная, учебно-методическая и иные библиотечно-информационные ресурсы обеспечивают учебный процесс и гарантируют возможность качественного освоения аспирантом образовательной программы. Казанский научный центр РАН располагает библиотекой, включающей научно-техническую литературу по термодинамике, физике, математике и другим разделам теплофизики, научные журналы и труды конференций.

8.1. Основная литература

1. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.

3. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. М.: Высшая школа, 1985.
4. Кирсанов Ю.А. Циклические тепловые процессы и теория теплопроводности в регенеративных воздухоподогревателях. М.: Физматлит, 2007.

8.2. Дополнительная литература

1. Гришин А.М., Фомин В.М. Сопряженные и нестационарные задачи механики реагирующих сред. Новосибирск: Наука, 1984. – 318 с.
2. Кирсанов Ю. Прикладная теория теплопроводности. Стационарные и нестационарные тепловые процессы в пористых и сплошных телах. - Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 365 с. ISBN: 978-3-659-28726-8.
3. Кирсанов Ю.А. Тепловой резонанс – как условие для самопроизвольной передачи тепла от холодной среды к горячей (статья) // Изв. РАН. Энергетика. 2009. № 3. С. 44-51.
4. Кирсанов Ю.А., Юдахин А.Е. Переходные термические процессы в твердом теле // Изв. РАН. Энергетика. 2015. № 6. С. 45-51.
5. Кирсанов Ю.А., Юдахин А.Е., Макарушкин Д.В. О начальных условиях гиперболической краевой задачи теплопроводности с циклическими граничными условиями // Труды Академэнерго. 2016. № 3. С. 87-99.

9. Материально-техническое обеспечение

Казанский научный центр РАН располагает материально-технической базой, соответствующей санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы.

№ п/п	Наименование дисциплины	Наименование оборудования
1.	Аналитические методы в теории теплопроводности	1. Научно-исследовательские установки лаборатории ТиВТ
		2. Персональные компьютеры.