

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт естественных наук и математики
Кафедра теоретической и математической физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке

_____ В.В. Кружаев

« ___ » _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС В СПЛОШНЫХ СРЕДАХ

Рекомендована Учебно-методическим советом Институт естественных наук и математики
для направлений подготовки и направленностей:

Направление	Направленность	Квалификация
Математика и механика	Механика жидкости, газа и плазмы	Исследователь. Преподаватель- исследователь

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург, 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
01.06.01	Математика и механика	30.07.2014 30.07.14 с изменениями от 30.04.2015, приказ № 464	866

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Зубарев Андрей Юрьевич	Дфмн, профессор	Профессор	Теоретической и математической физики	
2	Александров Дмитрий Валерьевич	Дфмн, профессор	Профессор	Теоретической и математической физики	

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедр:

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Читающая кафедра – Теоретической и математической физики	01.07.2017	№100.089-06/07	А.О.Иванов	
2	Выпускающая кафедра – Теоретической и математической физики	01.07.2017	№100.089-06/07	А.О.Иванов	

Согласовано:

учебно-методическим советом Института естественных наук и математики

Протокол № 1 от «26» сентября 2017 года.

Председатель УМС ИЕНиМ

Е.С. Буянова

Начальник ОПНПК

О.А. Неволина

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Теплоперенос в сплошных средах

1. Пререквизиты	История науки Методология научных исследований Иностранный язык
2. Кореквизиты	-
3. Постреквизиты	ГИА
4. Трудоемкость дисциплины, з.е.	3

1.1. Цели дисциплины

Целями освоения дисциплины являются

- формирование знаний о фундаментальных физических законах и теоретических методов описания процессов теплопереноса в жидких и твердых средах;
- обучение математическим методам решения задач теплопереноса в сплошных средах;

Изучение дисциплины направлено на формирование студентами компетенций:

- 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);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- способностью планировать и проводить теоретические исследования с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов (ОПК-1);
- способность самостоятельно формулировать и решать задачи в области проводимой научно-исследовательской деятельности (ПК-1);
- способностью постановки конкретных задач в области механики сплошных сред и в междисциплинарных областях, а также к последующему их критическому анализу (ПК-2).

1.2. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные физические законы, определяющие процессы тепло-массопереноса в сплошных средах;
- основные уравнения тепло-массопереноса и граничные условия к ним;
- основные методы аналитического решения линейных уравнений теплопереноса в сплошных средах;
- аналитические методы исследования процессов теплопереноса, осложненных физико-химическими процессами в изучаемых средах;
- методы описания процессов тепло-массопереноса, сопровождающиеся образованием фронтов; методы исследования скорости распространения и морфологической неустойчивости фронтов;

- аналитические методы описания процессов теплопереноса в ламинарно и турбулентно движущихся жидкостях;
- основы описания процессов теплопереноса в неоднородных и композитных материалах;
- основы теории нуклеации частиц и роста зародышей новой фазы в переохлажденных и пересыщенных средах;
- численные методы решения уравнений тепло-массопереноса.

Уметь:

- решать нестационарные задачи тепло-массопереноса в неподвижных сплошных с различной геометрией границ этих сред;
- находить автомодельные решения задач теплопереноса с фронтами;
- исследовать морфологическую устойчивость и скорость распространения движущихся фронтов;
- вычислять эффективные коэффициенты теплопереноса в гетерогенных средах со сферическими, эллипсоидальными и цилиндрическими частицами;
- решать задачи о теплопереносе в гидродинамически движущихся жидкостях.

Владеть:

- аналитическими и численными методами решения задач теплопереноса

1.3. Краткое описание дисциплины

Теория теплопереноса является классическим разделом прикладной математики и механики сплошных сред. Вместе с тем эта область науки имеет большое значение для развития многих фундаментальных разделов науки и прикладных направлений в силу широчайшего распространения процессов теплопереноса в природе и во многих областях практической деятельности (теплоэнергетика, металлургия, химическая промышленность и т.д.). Предлагаемая дисциплина направлена на изучение физических основ и математических методов теории теплопереноса в рамках подхода механики сплошных сред. Предусматривается изучение основных линейных уравнений переноса и методов их решения для сред с различной геометрией; изучение методов исследования теплопереноса, осложненного физико-химическими реакциями и фазовыми переходами; теплопереноса в движущихся жидкостях.

1.4 Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах:

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме, составляет 100% объема аудиторной нагрузки по дисциплине.

1.5 Трудоемкость освоения дисциплины

Очная форма обучения

Виды учебной работы, формы контроля	Всего, час.	Номер учебного семестра
		5
Аудиторные занятия, час.	4	4
Лекции, час.	4	4
Практические занятия, час.		

Лабораторные работы, час.		
Самостоятельная работа студентов, час.	104	104
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	3	3
Общая трудоемкость по учебному плану, час.	108	108
Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	3	3

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела	Раздел дисциплины	Содержание*
P1	Общие принципы теории теплопереноса	Пределы применимости подхода механики сплошных сред. Уравнения переноса тепла и массы. Граничные условия 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода для уравнений теплопереноса. Начальные условия. Стационарные и нестационарные распределения температурного поля при граничных условиях 1-го, 2-го и 3-го рода.
P2	Теплоперенос в неоднородных средах и эффективные коэффициенты переноса.	Формула Эйнштейна коэффициента диффузии броуновских частиц. Теории эффективных коэффициентов теплопроводности и диффузии в неоднородных средах со сферическими, эллипсоидальными и цилиндрическими частицами.
P3	Решение задач теплопереноса в средах с фазовыми переходами и физико-химическими процессами.	Теория Зельдовича распространения фронта горения. Температурная и термодиффузионная задача Стефана с плоским фронтом кристаллизации. Термическое и концентрационное переохлаждения. Динамическая и морфологическая неустойчивости фронта кристаллизации. Нуклеация частиц. Кинетика роста зародышей в переохлажденной пересыщенной среде. Диффузия через барьер – задача Крамерса. Закон Аррениуса. Теплоперенос в ламинарном и турбулентном пограничном слое. Теплоперенос в турбулентных потоках.

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1.Лабораторный

не предусмотрено

4.2.Практические

не предусмотрено

4.3.Самостоятельная работа студентов

4.3.1. *Примерный перечень тем рефератов*

1. Уравнения тепломассопереноса в различных постановках.
2. Термодиффузионная задача Стефана.
3. Уравнения кристаллизации с плоским фронтом, двухфазной зоной и их известные точные решения.
4. Уравнения нуклеации и кинетики частиц.
5. Уравнение динамики и Фоккера-Планка для анизотропной частицы в вязкой жидкости.
6. Уравнение Фоккера-Планка для ориентационной функции распределения в полуразбавленной суспензии анизотропных частиц. Теория трубок Дои-Эдвардса.
7. Закон Аррениуса. Экзотермическая реакция в среде с идеальным перемешиванием.
8. Конвективный тепломассоперенос. Неустойчивость Рэлея в плоском слое жидкости.

4.3.2. *Примерный перечень тем домашних работ*

1. Теория Бэтчелора коэффициента диффузии броуновской частицы
2. Полуэмпирические метода расчета коэффициентов тепломассопереноса в плотных композитных средах
3. Теория Брюсселятора и орегенатора.
4. Теории коагуляции и Оствальдовской перегонки зародышей новой фазы
5. Неустойчивость Рэлея в плоском слое жидкости
6. Термическое и термодиффузионное переохлаждение

4.3.3. *Примерный перечень тем контрольных работ*

Не предусмотрено

4.3.4. *Примерный перечень тем расчетных работ*

Не предусмотрено

4.3.5. *Примерный перечень тем расчетно-графических работ*

не предусмотрено

4.3.6. *Примерная тематика коллоквиумов*

Не предусмотрено

4.3.7. Примерная тематика курсовых проектов работ

Квазистационарное и автомодельное решения задач Стефана с плоским фронтом кристаллизации

4.4. Примерный перечень контрольных вопросов для подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине

1. Температурная и термодиффузионная задача Стефана с плоским фронтом кристаллизации.
2. Термическое и концентрационное переохлаждения.
3. Динамическая и морфологическая неустойчивости фронта кристаллизации.
4. Двухфазная зона концентрационного переохлаждения. Квазистационарное решение уравнений теплопереноса в двухфазной зоне.
5. Методы приближенного решения нелинейных нестационарных задач теплопереноса при наличии движущихся границ фазового перехода.
6. Нуклеация частиц. Кинетика роста зародышей в переохлажденной жидкой матрице системы. Частота нуклеации.
7. Уравнения теплопереноса при учете нуклеации частиц твердой фазы.
8. Процессы коагуляции и перегонки частиц.
9. Вывод уравнений теплопереноса в движущихся средах с источниками. Граничные условия к этим уравнениям.
10. Коэффициент диффузии броуновской частицы (формула Эйнштейна). Числа Пекле и Шервуда.
11. Решение стационарных задач теплопереноса в системах с источниками и без них в системах с цилиндрической и со сферической геометриями.
12. Эффективная теплопроводность и коэффициент диффузии в суспензиях сферических и эллиптических частиц; волокнистых композиций.
13. Теплоперенос в ламинарном пограничном слое. Теплоперенос в турбулентных потоках.
14. Диффузия через барьер – задача Крамерса. Закон Аррениуса.
15. Экзотермическая реакция в среде с идеальным перемешиванием.
16. Конвективный теплоперенос. Неустойчивость Рэля в плоском слое жидкости.
17. Распространение волны горения в реакционной среде (задача Зельдовича).

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Малыгин А.П., Нелинейный теплоперенос в процессах затвердевания и испарения с двухфазной зоной : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Екатеринбург, УрФУ, 2013
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Гидродинамика. М.: Физматлит, 2006.
3. Нахушева В. А. Дифференциальные уравнения математических моделей нелокальных процессов М.: Наука, 2006
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2003.

Дополнительная литература

1. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. М.: Мир, 1982.
2. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979.

3. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980.
4. Авдонин Н.А., Математическое описание процессов кристаллизации, Рига: Зинатне, 1980.
5. Лодиз Р., Паркер Р., Рост монокристаллов, М.: Мир, 1974.
6. Флемингс М.К., Процессы затвердевания, М.: Мир, 1977.
7. Вайнгард У., Введение в физику кристаллизации металлов, М.: Мир, 1967.
8. Борисов В.Т., Теория двухфазной зоны металлического слитка, М.: Metallurgia, 1987.
9. Карташов Э.М., Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел, М.: Высшая школа, 1985.
10. Найфэ А.Х., Методы возмущений, М.: Мир, 1976.
11. Чернов А.А., Гиваргизов Е.И., Багдасаров Х.С., Современная кристаллография. Т. 3. Образование кристаллов, М.: Наука, 1980.
12. Вабищевич П.Н., Численные методы решения задач со свободной границей, М.: МГУ, 1987.

6. УЧЕБНО-МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аспиранты кафедры теоретической и математической физики обеспечены специальными помещениями для проведения занятий:

- лекционного типа с наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации, соответствующие примерным программам дисциплин (модулей), рабочим учебным программам дисциплин (модулей) (общеинститутские лекционные аудитории, кафедральная ауд. 602);

- занятий семинарского типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации (общеинститутские аудитории и вычислительные центры, кафедральная ауд.602);

7. ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

Номер листа изменений	Номер протокола заседания кафедры	Дата заседания кафедры	Всего листов в документе	Подпись ответственного за внесение изменений

--	--	--	--	--

Оглавление

1	ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ Теплоперенос в сплошных средах.....	3
1.1.	Цели дисциплины	3
1.2.	Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
1.3.	Краткое описание дисциплины	4
1.5	Трудоемкость освоения дисциплины.....	4
2	СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3	РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПО РАЗДЕЛАМ И КОНТРОЛЬНЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ.....	6
4	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.	Лабораторные.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.	Практические.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3.	Самостоятельная работа студентов.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.	УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
7.1.	Рекомендуемая литература	8
6.	УЧЕБНО-МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
7.	ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ	9