

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИТ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ



Директор
академик РАН

Д.М.Маркович

«21» апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Вариативной дисциплины

Теплофизика и механика многофазных сред

научная специальность 1.3.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

Новосибирск 2022

Дисциплина «Теплофизика и механика многофазных сред» реализуется в качестве вариативной дисциплины в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.2.11 Информационно-измерительные и управляющие системы.

Вариативная дисциплина «Теплофизика и механика многофазных сред » реализуется в третьем и четвертом семестрах учебного года.

1. Цели и задачи освоения вариативной дисциплины

Цели вариативной дисциплины

Достижение понимания концептуального единства математических моделей гидродинамики, тепломассообмена и волновых процессов при всем имеющемся их разнообразии в конкретных разделах теплофизики и механики многофазной среды.

Задачи вариативной дисциплины

Усвоение понятий, связанных с математическими моделями гидродинамики, тепломассообмена и волновых процессов в многофазных средах, рассмотрение физических явлений к которым приводят неравновесные процессы и фазовые превращения, развитие базовых навыков в области теплофизики и механики многофазной среды.

2. Структура и содержание вариативной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 академических часа

2.1. Структура вариативной дисциплины

№ п / п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					Итоговый контроль
		Всего	Лекции	Консультации	Контактных часов на аттестацию	Самостоятельная работа:	
1	Теплофизика и механика многофазных сред	72	32	2	2	36	Зачет
В контактной форме, час:		36					

2.2. Содержание вариативной дисциплины

2.2.1. Разделы вариативной дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)	
		Лекции	Самостоятельная работа
1	Уравнения движения и энергии гетерогенной многофазной среды.	10	12
2	Методы описания межфазного взаимодействия в гетерогенной среде.	10	12
3	Процессы переноса и волновые процессы в многофазной среде с различной структурой. Неравновесные процессы и фазовые превращения.	12	12

2.2.2. Содержание разделов вариативной дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
1	Уравнения движения и энергии гетерогенной многофазной среды.	Предмет и методы теплофизики и механики многофазной среды. Виды многофазных сред, основные определения и параметры. Газовзвеси, эмульсии, суспензии и газожидкостные течения. Двухфазные газожидкостные и парожидкостные течения в каналах, режимы течения, определяющие параметры. Феноменологические уравнения неразрывности, импульса и энергии для гетерогенной среды. Пространственное осреднение в механике гетерогенных смесей. Виды осреднения, осредненные параметры и их свойства. Условия устойчивости, представительности, регулярности и плавности микрополя усредняемых величин. Осредненные уравнения движения и энергии для гетерогенной среды с фазовыми переходами. Осредненные уравнения движения монодисперсной среды. Осредненные уравнения энергии для монодисперсной среды. Уравнения движения и энергии для течения пленок жидкости в микроканалах. Двухфазные течения в пористых средах.	Лекции, самостоятельная работа

2	<p>Методы описания межфазного взаимодействия в гетерогенной среде.</p>	<p>Уравнения сохранения на межфазных границах. Условие совместного деформирования фаз, межфазные силы. Сила вязкого трения. Влияние неоднородности частиц в ячеистой модели гетерогенной среды. Сила присоединенных масс. Сила Архимеда. Межфазная работа и теплообмен, уравнение притока тепла на межфазной границе. Условие совместного деформирования фаз для слабоконцентрированной газовой смеси. Условие совместного деформирования фаз для слабоконцентрированной жидкости с пузырьками газа. Уравнение колебаний пузырька. Уравнения сохранения на межфазных границах при наличии фазовых превращений.</p>	<p>Лекции, самостоятельная работа</p>
3	<p>Процессы переноса и волновые процессы в многофазной среде с различной структурой. Неравновесные процессы и фазовые превращения.</p>	<p>Волны давления малой амплитуды в газовой смеси и газожидкостных средах, скоростная и тепловая неравновесность, уравнения неравновесной гидродинамики. Влияние межфазного обмена импульсом и теплом на фазовую скорость волн и декремент затухания в газовой смеси. Акустика и нелинейные волны в жидкости с пузырьками газа. Уравнение колебаний пузырька и динамическая неравновесность, дисперсия звуковых волн. Распространение нелинейных волн в диспергирующей среде и уравнение Кортевега-де Вриза-Бюргерса. Влияние сжимаемости жидкости на распространение волн, уравнение Кляйна-Гордона. Звуковые волны в парожидкостных средах и в кипящей жидкости в приближении термодинамического равновесия, неравновесность, вызванная фазовым переходом. Гидродинамика и теплообмен при свободном стекании пленок жидкости. Устойчивость течения, условия возникновения волн. Теплоотдача при конденсации пара на пластине, влияние граничных условий. Газожидкостные течения в мини и микроканалах. Роль капиллярных сил на малом масштабе. Математическая модель кольцевого течения и теплообмена при испарении и конденсации в микроканале. Неравномерное распределение жидкости и коэффициента теплоотдачи при испарении и конденсации по периметру канала. Условия разрыва пленки жидкости и теплообмен в окрестности контактной линии. Движение жидкостей в пористых средах. Волны давления в пористой среде с несжимаемой твердой фазой и слабожимаемой жидкостью. Методы расчета двухфазных течений в пористой среде. Относительные фазовые проницаемости и кинематические волны при двухфазном течении в пористой среде.</p>	<p>Лекции, самостоятельная работа</p>

3. Технология обучения

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия (в контактной форме и в on-line режиме). Материал лекционного курса увязывается с передовыми исследованиями всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки аспирантов. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе. По темам, рассматриваемым на лекциях и изучаемым самостоятельно, проводятся консультации.

4. Правила аттестации аспирантов по учебной дисциплине

По вариативной дисциплине «Теплофизика и механика многофазных сред» проводятся текущая и промежуточная аттестации.

Текущий контроль по вариативной дисциплине «Теплофизика и механика многофазных сред» проводится представлением доклада (в форме презентации) по одному из разделов программы курса, по результатам которой выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» по результатам является одним из условий допуска к прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по вариативной дисциплине «Теплофизика и механика многофазных сред» проводится в конце 4 семестра.

5. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий
2	Компьютер на рабочем месте (с выходом в Internet)	Для организации самостоятельной работы обучающихся

6. Литература

Основная литература:

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Наука, 1978. -336 с.
2. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Т. 1, 2. – М.: Наука, 1987. -824 с.
3. Кутателадзе С.С., Накоряков В.Е. Теплообмен и волны в газо-жидкостных системах. - Новосибирск : Наука СО. - 1984. -301 С.
4. Исаченко В. П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача.- М.: Энергия. – 1975.-: 488 с.
5. Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г., Шрейбер И.Р. Распространение волн в газо- и парожидкостных средах. - Новосибирск. - 1983. - 238 С.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986. - 736 с.
7. Алексеенко С.В., Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г. Волновое течение пленок жидкости: - Новосибирск: Наука. - 1992. - 256 с.
8. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. М., Недра. - 1972. - 288 с.

Утверждено на заседании Ученого совета ИТ СО РАН 15 апреля 2022 г., протокол № 05-2022

Рабочую программу разработал д.ф.-м.н, профессор С.И. Лежнин

Согласовано:

зам. директора по научной работе

к.ф.-м.н.

Д.Ф. Сиковский