

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики неравновесных процессов**



ПТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ, д.ф.-м.н
В.Е.Блинов
2022 г.

**Рабочая программа дисциплины
МЕХАНИКА МНОГОФАЗНЫХ СРЕД**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	108	32			54	18	2			2
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	5
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	6
5. Перечень учебной литературы.	9
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	10
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	10

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Курс «Механика многофазных сред» имеет своей целью обучение студентов основам гидродинамики и теории распространения волн в неравновесных гетерогенных средах, методам решения задач, которые широко встречаются в различных технологических приложениях и при анализе природных процессов. Не удивительно, что в этой области издано достаточно много монографий и учебников, в которых рассматриваются различные аспекты математических моделей многофазных сред, характеризующихся различным уровнем сложности, и их применения в прикладных научных исследованиях во многих отраслях современной промышленности – энергетике, машиностроении, химических технологиях, биомедицине и т.д. Для студентов и исследователей этот широкий спектр публикаций представляет определенную проблему при выборе направлений и методов исследований в области многофазных течений. Поэтому целью данного курса является достижение понимания концептуального единства математических моделей гидродинамики, тепломассообмена и волновых процессов при всем имеющемся их разнообразии в конкретных разделах теплофизики и механики многофазной среды с упором на характер протекания неравновесных процессов в таких средах. Для усвоения понятий, связанных с математическими моделями гидродинамики, тепломассообмена и волновых процессов в многофазных средах, проведено рассмотрение физических явлений, к которым приводят неравновесные процессы и фазовые превращения, развиты базовые навыки в решении широкого круга задач, показаны особые свойства многофазной среды, которые существенно отличают ее поведение в нестационарных процессах от обычных сред.

В курсе проведена систематизация типов многофазной среды, последовательно изложены теоретические модели описания движения такой среды. Излагаются теоретические основы механики дисперсных сред и сред с раздельным движением фаз, рассмотрены методы описания межфазного взаимодействия при течении многофазной среды. Отдельные разделы посвящены рассмотрению важнейших особенностей линейных и нелинейных волн в многофазной среде, которые обусловлены проявлением неравновесных эффектов при установлении скоростей, плотностей и температур фаз, что обуславливает значимую роль эффектов дисперсии при распространении волн различного типа. Рассмотрены волновые процессы на поверхности стекающей пленки жидкости, получены уравнения пленочного течения в микроканале в условиях определяющего влияния капиллярных сил, обсуждены их решения. Рассмотрены волны давления и кинематические волны в пористых средах, в том числе при двухфазной фильтрации.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в за-	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p> <p>ПК 1.3 Выбирает наиболее</p>	<p>Знать корректную постановку физической задачи механики многофазных сред (основные уравнения и граничные условия); физические свойства и модели многофазных сред; базовые математические модели и замыкающие соотношения, описывающие движение и процессы переноса в многофазных средах; базовые разделы механики многофазных сред: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы и способы их использования</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
зависимости от специфики объекта исследования	эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<p>при решении научно-инновационных задач.</p> <p>Уметь решать основные задачи и проводить качественный анализ течения многофазной среды, использовать полученные теоретические знания при решении практических задач, относящихся к области механики сплошных сред; решать типовые учебные задачи по основным разделам механики многофазных сред; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов механики многофазных сред, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов механики многофазных сред для решения научно-инновационных задач; применять знания механики многофазных сред для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области механики многофазных сред и смежных дисциплин.</p> <p>Владеть современными методами и подходами исследования механики многофазных сред; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам механики многофазных сред; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов механики многофазных сред; навыками решения базовых задач по механике многофазных сред; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов механики многофазных сред при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		технической информации в области механики многофазных сред и смежных дисциплин.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Учебный курс «Механика многофазных сред» относится к естественнонаучному циклу.

В результате изучения дисциплины студенты 4 курса физического отделения физического факультета НГУ (уровень бакалавриата, профиль подготовки «Общая физика») должны усвоить основы гидродинамики и теории распространения волн в неравновесных гетерогенных средах, методы решения задач, которые широко встречаются в различных технологических приложениях и при анализе природных процессов.

Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса являются нижеследующие дисциплины, входящие в базовую часть математического и естественнонаучного цикла:

- Математическое моделирование (основные принципы построения математических моделей механики сплошных сред и теплофизики);
- Механика жидкости и газа;
- Конвективный теплообмен;
- Термодинамика;
- Теория волновых процессов.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	108	32			54	18	2			2
Всего 108 часов / 3 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен. Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: задания для самостоятельного решения;

- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

- занятия лекционного типа – 32 часа;

- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 54 часа;

- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа.

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	10
1	Феноменологические модели многофазной среды. Гетерогенные среды. Силы, действующие на дисперсные частицы. Потoki тепла на поверхности дисперсных частиц. Характеристики теоретических моделей многофазной среды. Введение в теорию распространения волн.	1	5	2		3	
2	Основные положения и определения многожидкостной модели. Правила и ограничения при объемном усреднении уравнений для истинных параметров течения.	2	5	2		3	
3	Связь производных по времени и пространству для поля осредненных величин. Осредненные уравнения гидродинамики многофазной среды.	3	5	2		3	
4	Микроуравнения гидродинамики многофазной среды. Уравнения для потоков на межфазных границах.	4	5	2		3	
5	Осредненные уравнения неразрывности и сохранения числа частиц. Осредненные уравнения импульсов фаз. Осредненные уравнения энергии фаз.	5	5	2		3	

6	Уравнения гидродинамики монодисперсной среды. Уравнения непрерывности для монодисперсной среды. Уравнение совместного деформирования фаз.	6	5	2		3	
7	Уравнение импульсов для монодисперсной среды. Уравнения энергии для монодисперсной среды. Уравнение потока энергии на межфазных границах.	7	5	2		3	
8	Механика и волновая динамика газовзвесей. Уравнения гидродинамики газовзвеси. Уравнения волновой динамики газовзвеси без фазовых переходов. Скоростная и тепловая неравновесность.	8	5	2		3	
9	Волновое уравнение для волн давления малой амплитуды. Дисперсия акустических волн в газовзвеси. Решения волнового уравнения для газовзвеси.	9	5	2		3	
10	Механика и волновая динамика жидкости с пузырьками газа. Уравнения гидродинамики жидкости с пузырьками газа. Скоростная и тепловая неравновесность в жидкости с пузырьками газа.	10	5	2		3	
11	Уравнения волновой динамики жидкости с пузырьками газа. Динамическая неравновесность. Слабонелинейные волны в жидкости с пузырьками. Волны давления в сжимаемой жидкости с пузырьками.	11	5	2		3	
12	Волновая динамика дисперсных сред с фазовым переходом. Распространение волн давления в парокапельной среде. Скорость распространения волн при термодинамически равновесной среде.	12	5	2		3	
13	Гидродинамика и теплообмен при раздельном движении фаз. Гидродинамика пленочного течения жидкости. Волновые процессы в стекающих пленках жидкости.	13	5	2		3	
14	Конденсация пара на стекающей пленке жидкости. Пленочное течение в прямоугольном канале малого размера.	14	5	2		3	
15	Двухфазные течения в пористых средах. Уравнения двухфазного течения в пористой среде.	15	8	2		6	
16	Акустические волны в насыщенных пористых средах. Нестационарная двухфазной фильтрация.	16	8	2		6	

8.	Консультации перед экзаменом		2				2
9	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
8.	Экзамен		2				2
Всего			108	32	0	54	22

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

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.

Методы описания межфазного взаимодействия в гетерогенной среде.

Уравнения сохранения на межфазных границах. Условие совместного деформирования фаз, межфазные силы. Сила вязкого трения. Влияние неодиночности 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 слабо концентрированной газовзвеси. Условие совместного деформирования фаз для слабо концентрированной жидкости с пузырьками газа. Уравнение колебаний пузырька. Уравнения сохранения на межфазных границах при наличии фазовых превращений.

Процессы переноса и волновые процессы в многофазной среде с различной структурой. Неравновесные процессы и фазовые превращения.

Волны давления малой амплитуды в газовзвесах и газокапельных средах, скоростная и тепловая неравновесность, уравнения неравновесной гидродинамики. Влияние межфазного обмена импульсом и теплом на фазовую скорость волн и декремент затухания в газовзвеси. 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-да Вриза-Бюргерса. Влияние сжимаемости жидкости на распространение волн, уравнение Клейна-Гордона. Звуковые волны в парокапельных 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 тепломассообмена 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 слабо сжимаемой жидкостью. Методы расчета двухфазных течений в пористой среде. Относительные фазовые проницаемости и кинематические волны при двухфазном течении в пористой среде.

Самостоятельная работа студентов (72 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	18
Подготовка к контрольным работам	18
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	18
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Т. 1, 2. – М.: Наука, 1987. -824 С.

5.2. Дополнительная литература

1. Кутателадзе С.С., Накоряков В.Е. Тепломассообмен и волны в газо-жидкостных системах. - Новосибирск : Наука СО. - 1984. -301 С.
2. Исаченко В. П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача.- М.: Энергия. – 1975.-: 488 С.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Т. 1, 2. – М.: Наука, 1987. -824 С.
2. Алексеенко С.В., Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г. Волновое течение пленок жидкости: - Новосибирск: Наука. - 1992. - 256 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Механика многофазных сред» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Реализация дисциплины осуществляется с применением электронного обучения на платформе Zoom где обучение проводится на виртуальных аналогах, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины;

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная

компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области механики многофазных сред

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать корректную постановку физической задачи механики многофазных сред (основные уравнения и граничные условия); физические свойства и модели многофазных сред; базовые математические модели и замыкающие соотношения, описывающие движение и процессы переноса в многофазных средах; базовые разделы механики многофазных сред: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы и способы их использования при решении научно-инновационных задач.	Проведение контрольных работ, экзамен.
ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Уметь решать основные задачи и проводить качественный анализ течения многофазной среды, использовать полученные теоретические знания при решении практических задач, относящихся к области механики сплошных сред; решать типовые учебные задачи по основным разделам механики многофазных сред; применять полученную теоретическую базу для решения научно-инновационных задач, грамотно работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий; применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов механики многофазных сред, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний	Проведение контрольных работ, экзамен.

	из специальных разделов механики многофазных сред для решения научно-инновационных задач; применять знания механики многофазных сред для анализа и обработки результатов физических экспериментов; проводить анализ научной и технической информации в области механики многофазных сред и смежных дисциплин.	
ПК 1.3 Выбирает наиболее эффективные методы построения теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Владеть современными методами и подходами исследования механики многофазных сред; навыками самостоятельной работы с учебной литературой по базовым разделам механики многофазных сред; основной терминологией и понятийным аппаратом базовых разделов механики многофазных сред; навыками решения базовых задач по механике многофазных сред; основными методами научных исследований; навыками использования теоретических основ базовых разделов механики многофазных сред при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области механики многофазных сред и смежных дисциплин.	Проведение контрольных работ, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Механика многофазных сред».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.

Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Задания для самостоятельного решения.

Задание 1. Рассчитать силу, действующую на капли воды размером 200 микрон при их объемной концентрации 1 % в потоке воздуха при относительной скорости 1 м/сек. Расчет провести для ячеистой схемы расположения капель.

Задание 2. Рассчитать ускоренное движение одиночной капли воды диаметром 200 микрон в потоке воздуха при внезапном изменении относительной скорости с 0.1 до 1 м/сек. Определить характерное время выравнивания скоростей фаз.

Задание 3. Рассчитать динамику изменения температуры одиночной капли воды диаметром 200 микрон, при внезапном изменении температуры воздуха на 20 градусов С. Начальная температура капли и давление воздуха соответствуют нормальным условиям. Испарением капли пренебречь. Определить характерное время выравнивания температур фаз.

Задание 4. Рассчитать скорость испарения одиночной капли воды диаметром 200 микрон, которая первоначально находилась в равновесии с паром при изменении давления с 1.1 бар до 1 бар.

Задание 5. Получить уравнение колебаний одиночного пузырька в жидкости при отсутствии фазовых переходов. Определить резонансную частоту колебаний.

Задание 6. Рассчитать зависимость коэффициента затухания акустических волн от частоты в тумане с каплями воды 100 микрон при атмосферном давлении в пределе больших и малых частот.

Задание 7. На вертикальной плоской стенке высотой 5 м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении 0.27 МПа. Температура стенки равна 120 °С. Определить накопленный расход конденсата на 1 м ширины стенки.

2. Вопросы к экзамену

1. Основные положения и определения теории движения многофазной среды. Феноменологические уравнения неразрывности и сохранения импульса.
2. Основные положения и определения теории движения многофазной среды. Феноменологические уравнения сохранения энергии.
3. Пространственное осреднение в механике гетерогенных смесей. Осредненные параметры и их свойства.
4. Осредненные уравнения неразрывности и движения для гетерогенной среды с фазовыми переходами.
5. Монодисперсная двухфазная среда. Осредненные уравнения движения, условие совместного деформирования фаз.
6. Уравнение энергии для монодисперсной среды. Межфазная работа и теплообмен, уравнение притока тепла на межфазной границе.
7. Слабоконтрированная газовзвесь. Уравнения неразрывности и движения, условие совместного деформирования фаз.
8. Слабоконтрированная жидкость с пузырьками газа. Уравнения сохранения, условие совместного деформирования фаз.
9. Звуковые волны в газовзвесьях и парокапельных средах, скоростная и тепловая неравновесности.
10. Звуковые волны в газовзвесьях и парокапельных средах, Уравнение для распространения волн давления, его решения.
11. Волны малой амплитуды в жидкости с пузырьками газа. Скоростная, тепловая и динамическая неравновесность.
12. Уравнение для распространения волн давления в жидкости с пузырьками газа, учёт сжимаемости жидкости.
13. Звуковые волны в парокапельной среде и кипящей жидкости. Неравновесность, вызванная фазовым переходом.
14. Двухфазные потоки. Гидродинамика течения пленки жидкости. Устойчивость течения, условия возникновения волн.
15. Теплоотдача при конденсации пара на пластине.
16. Волновые процессы и двухфазные течения в пористой среде.

3. Билеты к экзамену

Экзаменационные билеты по курсу ММС, ФФ, Кафедра неравновесных процессов, 4 курс

Билет 1

1. Основные положения и определения теории движения многофазной среды. Феноменологические уравнения неразрывности и сохранения импульса.
2. Звуковые волны в газовзвесьях и парокапельных средах. Скоростная и тепловая неравновесность.

Билет 2

1. Монодисперсная двухфазная среда. Осредненные уравнения движения, условие совместного деформирования фаз.
2. Двухфазные потоки. Гидродинамика течения пленки жидкости. Устойчивость течения, условия возникновения волн.

Билет 3

1. Уравнение энергии для монодисперсной среды. Межфазная работа и теплообмен, уравнение притока тепла на межфазной границе.
2. Волновые процессы и двухфазные течения в пористой среде.

Билет 4

1. Слабоконцентрированная газовзвесь. Уравнения неразрывности и движения, условие совместного деформирования фаз.
2. Волны малой амплитуды в жидкости с пузырьками газа. Скоростная, тепловая и динамическая неравновесность.

Билет 5

1. Слабоконцентрированная жидкость с пузырьками газа. Уравнения сохранения, условие совместного деформирования фаз.
2. Звуковые волны в газовзвесьях и парокапельных средах, Уравнение для распространения волн давления, его решения.

Билет 6

1. Осредненные уравнения неразрывности и движения для гетерогенной среды с фазовыми переходами
2. Теплоотдача при конденсации пара на пластине.

Билет 7

1. Пространственное осреднение в механике гетерогенных смесей. Осредненные параметры и их свойства.
2. Звуковые волны в газовзвесьях и парокапельных средах, скоростная и тепловая неравновесности.

Билет 8

1. Основные положения и определения теории движения многофазной среды. Феноменологические уравнения сохранения энергии.
2. Уравнение для распространения волн давления в жидкости с пузырьками газа, учёт сжимаемости жидкости.

Билет 9

1. Пространственное осреднение в механике гетерогенных смесей. Осредненные параметры и их свойства.
2. Звуковые волны в парокапельной среде и кипящей жидкости. Неравновесность, вызванная фазовым переходом.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____

1

2

Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/
(подпись)

« ____ » _____ 20 г.

Рисунок 5.1 Форма экзаменационного билета.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации фонда оценочных средств
по дисциплине «Механика многофазных сред»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного