

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Утверждено:
на заседании кафедры
протокол №5 от «12» января 2022 г.

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

 / Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Механика многофазных сред


Б1.В.1.ДВ.12.01вариативная часть, дисциплина по выбору

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)
03.03.01 Прикладные математика и физика

Направленность (профиль) подготовки
Моделирование физических процессов и технологий

Квалификация
Бакалавр

Разработчик (составитель) <u>доцент, кандидат физико-математических наук,</u> <u>доцент</u>	 / <u>Киреев В.Н.</u>
---	---

Для приема: 2022

Уфа 2022 г.

Составитель: доцент кафедры прикладной физики, к.ф.-м.н., доцент Киреев Виктор Николаевич

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол от «12» января 2022г. № 5

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____

_____, протокол № _____ от « ____ » _____ 20 _ г.

Заведующий кафедрой _____ / Ковалева Л.А. /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____

_____, протокол № _____ от « ____ » _____ 20 _ г.

Заведующий кафедрой _____ / Ковалева Л.А. /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры _____

_____, протокол № _____ от « ____ » _____ 20 _ г.

Заведующий кафедрой _____ / Ковалева Л.А. /

Список документов и материалов

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2 Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3 Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся).....	5
4 Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
4.3 Рейтинг-план дисциплины	8
5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	9
5.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	9
5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины.....	9
6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	10

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных спланируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

ОПК-2 – способностью применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности;

ПК-3 – готовностью выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Основные характеристики многофазных течений в трубах, основы их классификации и основные математические модели	ОПК-2	
	2. Современные численные методы моделирования многофазных течений	ПК-3	
Умения	1. Ставить и решать задачи о многофазных течениях	ОПК-2	
	2. Программно реализовывать численные методы в виде компьютерного кода	ПК-3	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Навыки анализа оригинальных работ по численному моделированию многофазных течений	ОПК-2	
	2. Навыки использования современных численных методов для моделирования двухфазных течений.	ПК-3	

2 Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Механика многофазных сред*» относится к *вариативной* части и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина изучается на *4 курсе в 8 семестре*.

Целями освоения дисциплины «Механика многофазных сред» является получение студентами теоретических знаний и практических навыков в области математического описания и численного моделирования течений многофазных сред, а также ознакомление с современным состоянием теории многофазных сред: освоение классических методов и моделей многофазных течений; освоение основных методов численного моделирования многофазных потоков; иметь представление о современных пакетах прикладных программ численного моделирования многофазных потоков.

Для освоения дисциплины «Механика многофазных сред» необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Математический анализ
- Аналитическая геометрия
- Линейная алгебра
- Дифференциальные уравнения
- Векторный и тензорный анализ
- Механика сплошных сред
- Программирование

Знания и умения, накопленные при изучении дисциплины «Механика многофазных сред», используются при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

3 Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4 Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

ОПК-2 – способностью применять теорию и методы математики для построения качественных и количественных моделей объектов и процессов в естественнонаучной сфере деятельности;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	Знать основные характеристики многофазных течений в трубах, основы их классификации и основные математические модели	Не знает или знает частичноосновные характеристики многофазных течений в трубах, основы их классификации и основные математические модели	Знает основные характеристики многофазных течений в трубах, основы их классификации и основные математические модели
Второй этап (уровень)	Уметь ставить и решать задачи о многофазных течениях	Не умеет ставить и решать задачи о многофазных течениях	Умеет ставить и решать задачи о многофазных течениях
Третий этап (уровень)	Владеть навыками анализа оригинальных работ по численному моделированию многофазных течений	Удовлетворительно владеет навыками анализа оригинальных работ по численному моделированию многофазных течений	Хорошо владеет навыками анализа оригинальных работ по численному моделированию многофазных течений

ПК-3 – готовностью выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
Первый этап (уровень)	Знать современные численные методы моделирования многофазных течений	Не знает или знает частичносовременные численные методы моделирования многофазных течений	Знает современные численные методы моделирования многофазных течений
Второй этап (уровень)	Уметь программно реализовывать численные методы в виде компьютерного кода	Не умеет программно реализовывать численные методы в виде компьютерного кода	Умеет программно реализовывать численные методы в виде компьютерного кода
Третий этап (уровень)	Владеть навыками использования современных численных методов для моделирования двухфазных течений	Удовлетворительно владеет навыками использования современных численных методов для моделирования двухфазных течений	Хорошо владеет навыками использования современных численных методов для моделирования двухфазных течений

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкала оценивания для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Основные характеристики многофазных течений, основы их классификации и основные математические модели	ОПК-2	Лабораторные работы
	2. Современные численные методы моделирования многофазных течений	ПК-3	
2-й этап Умения	1. Ставить и решать задачи о многофазных течениях	ОПК-2	Лабораторные работы
	2. Программно реализовывать численные методы в виде компьютерного кода	ПК-3	
3-й этап Владеть навыками	1. Навыки анализа оригинальных работ по численному моделированию многофазных течений	ОПК-2	Лабораторные работы
	2. Навыки использования современных численных методов для моделирования двухфазных течений.	ПК-3	

Темы лабораторной работы №1

Тема 1.1 Численное решение задачи о расслоенном течении двух вязких несжимаемых несмешивающихся жидкостей с фиксированной границей раздела с помощью метода контрольного объема

Темы лабораторной работы №2

Тема 2.1 Численное решение задачи о деформации жидкой капли при сдвиговом течении с помощью метода Volume-of-Fluid

Тема 2.2 Численное решение задачи о всплытии газового пузырька с помощью метода Volume-of-Fluid

Тема 2.3 Численное решение задачи о неустойчивости Рэлея-Тейлора с помощью метода Volume-of-Fluid

4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Часть 1. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 464 с.
2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 6. Гидродинамика. – 5-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 736 с.
3. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
4. Prosperetti A., Tryggvason G. Computational Methods for Multiphase Flow. – Cambridge University Press, 2007. – 470 p.
5. Hirt C.W., Nichols B.D. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries // Journal of Computational Physics. – 2001. – Vol. 39, No. 1. – pp. 201–225

Дополнительная литература:

1. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика – М.: Изд-во ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 640 с.
2. Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семенов А.Ю. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений. – М.: Физматлит, 2001. – 608 с.

5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Сайт, посвящённый вычислительной гидродинамике <https://www.cfd-online.com/>

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

<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Учебная аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).	Лекции	<p align="center">Наименование оборудования</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер(сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом ClassicLyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77. 13E/9H.J6V77.13F).</p> <p align="center">Программное обеспечение</p> <p>1. Windows 8 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.№104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p>
Аудитория № 425 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).	Лабораторные работы	<p align="center">Наименование оборудования</p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютер в составе: SOC -1150 AsusIntelCore i3-4150.4096 mb.1024 mb.64bit DDR3.монитор 23, клавиатура,мышь, кондиционер (сплит-система)Haier HSU-18HEK203/R2-HSU-18HUN03/R2, копировальный аппарат Canon FC-230, персональный компьютер в комплекте №1 KlamaSoffice, монитор DELL 21 - 8 шт., принтер HP LaserJet 1220 лазерный A4 (принт+копир+сканер), принтер Samsung ML-1750 лазерный (A4, 16 стр/мин, 1200*600dpi, LPT/USB 2.0), проектор BenQProjectorPB7.210 (DIP,1024*768, D-sub, RCA, S-Video,Component, USB), системный блок компьютера Celeron 315-2.26/s478 EliteGroup P4M800-M/256Mb/80Gb/3.5"/CD-ROM/ATX, шкаф лабораторный ШЛ-06 МСК 900*500*1850 2-х створчатый верх-стекло, низ-металл</p> <p align="center">Программное обеспечение</p> <p>1. Windows 8 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.№104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>4. Права на использование Roxar software. Лицензия № RU 970297-A</p> <p>5. Лицензионный договор № 100017/02314Д от 16.06.2017 г. Бессрочно.</p>

<p>Читальный зал №2, аудитория № 406 компьютерный класс (физматкорпус-учебное), система централизованного тестирования БашГУ</p>	<p>Самостоятельная работа</p>	<p>Наименование оборудования Читальный зал №2 Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p>Аудитория №406 Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе: SOC -1150 AsusIntelCore i3-4150.4096 mb.1024 mb.64bit DDR3.монитор 23, клавиатура,мышь – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2 210136000003093, МФУ Kyocera V2030 DN 210134000003069; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRUCorp – 6 шт.</p> <p>Программноеобеспечение 1. Windows 8 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.№104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные. 2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные. 3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензиибессрочные.</p>
--	-------------------------------	---

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины _____ Механика многофазных сред _____ на 8 семестр
(наименование дисциплины)

_____ очная _____
(форма обучения)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	34,2
лекций	12
практических/ семинарских	–
лабораторных	22
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	37,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	–

Форма(ы) контроля:

экзамен _____ – _____ семестр
зачет _____ 8 _____ семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МОДУЛЬ 1								
1	Многофазные течения, их классификация. Основы математического моделирования многофазных течений	2	–	2	6	[1], [2]		
2	Математическая модель для расслоенного режима течения в трубах. Вывод аналитического решения.	2	–	4	6,5	[1], [2]		
3	Метод контрольного объема для решения задачи о расслоенном течении двух несмешивающихся жидкостей с фиксированной границей раздела	2	–	4	6,3	[3]		Лабораторная работа №1
МОДУЛЬ 2								
4	Численные методы отслеживания межфазной границы в многофазных течениях	2	–	4	6,3	[4]		
5	Метод Volume-of-Fluid. Учет сил поверхностного натяжения на межфазной границе	2	–	4	6,3	[5]		
6	Алгоритм численного решения задач двухфазного течения	2	–	4	6,4	[3], [4], [5]		Лабораторная работа №2
	Всего часов:	12	–	22	37,8			

Рейтинг – план дисциплины

Механика многофазных сред

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность _____ 03.03.01 Физика

курс 4 , семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1			0	50
Текущий контроль				
Аудиторная работа	5	5	0	25
Рубежный контроль				
Лабораторная работа №1	25	1	0	25
Модуль 2			0	50
Текущий контроль				
Аудиторная работа	5	5	0	25
Рубежный контроль				
Лабораторная работа №2	25	1	0	25
Поощрительные баллы			0	10
Участие в конференциях, публикация статей	1	10	0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
Посещение практических / семинарских занятий			0	-10