


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

Утверждено:
на заседании кафедры теоретической физики
протокол № 9 от 30.05.2019

Зав. кафедрой  Вахитов Р.М..

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

 /Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

дисциплина **ФТД.В.01 «ФКС в современных технологиях. Избранные главы гидродинамики»**
(наименование дисциплины)

Факультатив, вариативная часть
(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа магистратуры

Направление подготовки


03.04.02 – Физика
(наименование ООП ВПО направления подготовки или специальности с указанием кода)

Профиль подготовки

Физика конденсированного состояния вещества

Квалификация
магистр

Разработчик (составитель)
доцент, к.ф.-м.н., доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)

 Харисов А.Т.
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2019 г.

Уфа 2019

Составитель / составители: к.ф.-м.н., доц. Харисов А.Т.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики протокол № 9 от 30.05.2019

Заведующий кафедрой

Вахитов

Вахитов Р.М.

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	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5 (10)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	5
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	5
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	6
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	8
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	8
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	9

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

Данная дисциплина способствует формированию следующих компетенций, предусмотренных ФГОС по направлению подготовки ВО 030402 – ФКСВ:

- а) общекультурные (ОК):
 - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- б) профессиональные (ПК):
 - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2).

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные представления теории идеальной и вязкой жидкости	ОК-1	
	2. Знать основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	ПК-2	
Умения	1. Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной жидкости	ОК-1	
	2. Уметь рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	ОК-1	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ПК-2	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина входит в раздел ФТД.В.01 «Факультативы. Вариативная часть» ФГОС ВО.

Основной целью дисциплины «ФКС в современных технологиях. Избранные главы гидродинамики» является ознакомление магистрантов с разделом физики конденсированного состояния – гидродинамики, с её подразделами – гидростатикой, а также гидродинамикой идеальной и вязкой жидкости в качестве фундаментальной основы для применения в современных технологиях. Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

Основное умение, которое должны получить студенты, это умение для всякой появившейся практической задачи движения реальной жидкости или газа при наличии границ жидкости и твердого тела учесть в уравнениях движения существенные моменты, и сформулировать приближенную задачу, допускающую стационарное решение. Кроме того, они должны уметь решать такие задачи точно или приближенно, и проводить исследование устойчивости стационарного решения. Студенты должны знать, к каким особенностям может привести та или иная неустойчивость и уметь проводить анализ получаемых решений. Физическая интерпретация полученных математических моделей должна учитывать сделанные приближения и следует уметь улучшить приближение.

Для освоения данной дисциплины студенту необходимо освоить предварительно следующие дисциплины: основы механики сплошных сред, термодинамика и статистическая физика, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики.

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

Код и формулировка компетенции:

ОК-1 – способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап	Знать основные представления теории идеальной и вязкой жидкости	Имеет фрагментарные знания об основных представлениях теории идеальной и вязкой жидкости	Знает основные представления теории идеальной и вязкой жидкости
Второй этап	Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной жидкости	Умеет фрагментарно решать типовые задачи на расчет простейших течений идеальной жидкости	Уверенно рассчитывает простейшие течения идеальной жидкости
Третий этап	Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	Не владеет методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	Владеет методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики

ПК-2 – способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап	Знать основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	Не знает основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	Знает основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости
Второй этап	Уметь рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	Не умеет рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	Умеет рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости
Третий этап	Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы).	Не владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы).	Владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы).

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 60 баллов; рубежный контроль – максимум 40 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы 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	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать основные представления теории идеальной и вязкой жидкости	ОК-1	Приём домашних работ. Проверка реферата.
	2. Знать основные уравнения теории идеальной и вязкой жидкости	ПК-2	
2-й этап Умения	1. Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной жидкости	ОК-1	Приём домашних работ. Проверка реферата.
	2. Уметь рассчитывать простейшие течения вязкой жидкости	ПК-2	
3-й этап Владеть навыками	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики	ОК-1	Приём домашних работ. Проверка реферата.
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ПК-2	

Вопросы к зачёту по теоретическому материалу

3 семестр

1. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера.
2. Условие отсутствия конвекции. Стационарное течение. Уравнение Бернулли. Плотность и поток энергии и импульса.
3. Сохранение циркуляции скорости. Несжимаемая жидкость. Потенциальное течение.
4. Уравнение движения вязкой жидкости. Уравнение Навье – Стокса.
5. Течение несжимаемой вязкой жидкости. Сохранение энергии.
6. Законы подобия. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала.

4 семестр

1. Течение при малых числах Рейнольдса. Задачи обтекания шара и цилиндра.
2. Решение для задачи обтекания шара. Сила, действующая на шар со стороны жидкости. Сила Стокса.

3. Точные стационарные решения уравнений движения для вязкой жидкости. Увлечение жидкости вращающимся диском.
4. Стационарное течение между вращающимися цилиндрами.
5. Течение в диффузоре и конфузоре.
6. Понятие о турбулентности. Проблема устойчивости стационарного движения жидкости.

Зачет проходит в устной форме и заключается в собеседовании по одному из вышеприведённых вопросов в каждом семестре. В случае показа удовлетворительных знаний, выставляется зачёт. Допуском к зачёту является полное выполнение домашних работ и наличие зачёта за реферат.

Темы рефератов 3 семестра

1. Устойчивость вращательного движения жидкости между цилиндрами.
2. Устойчивость течения по трубе. Конвективные возмущения.
3. Неустойчивость тангенциальных разрывов.
4. Пространство состояний и фазовые диаграммы. Квазипериодическое движение. Предельная точка. Предельный цикл.
5. Поведение системы вблизи предельного цикла. Аттрактор. Появление циклов при возрастании числа Рейнольдса. Несоизмеримость периодов.
6. Переход к турбулентности путем удвоения частот и удвоения периодов. Странный аттрактор. Стохастичность.
7. Развитая турбулентность. Корреляционная функция скоростей. Турбулентные области. Турбулентный след.
8. Перенос тепла в жидкости. Общее уравнение переноса тепла. Уравнение теплопроводности.
9. Перенос тепла в несжимаемой жидкости. Уравнение Фурье.
10. Решение уравнений для температуры в случаях неограниченной и ограниченной среды.
11. Закон подобия в случае уравнений теплопроводности. Числа Прандтля и Нуссельта.
12. Теплопередача в пограничном слое. Нагревание тела в движущейся жидкости.

Темы рефератов 4 семестра

1. Свободная конвекция. Число Рэлея.
2. Конвективная неустойчивость. Доказательство мнимости частот.
3. Условия возникновения конвекции. Критическое число Рэлея.
4. Явление диффузии. Общая система уравнений диффузии.
5. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онзагера и его применение в теории теплопереноса и массопереноса.
6. Коэффициенты диффузии. Коэффициенты диффузии и термодиффузии.
7. Сжимаемая жидкость. Распространение звука в жидкости. Энергия и импульс звуковой волны.
8. Возбуждение звука турбулентностью. Принцип взаимности.
9. Акустическое течение. Вторая вязкость.
10. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Ударные волны.
11. Неустойчивость ударных волн. Ширина ударных волн.
12. Возникновение ударных волн при обтекании конечных тел.

Зачёт за реферат выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы реферата, продемонстрировал знание терминологии, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы.

В каждом семестре предусмотрены три **домашние работы**. Для зачитывания каждого домашнего задания от студента требуется, чтобы было приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов.

Пример задач домашней работы

1. Найти силу, действующую на квадратную стенку аквариума, до краев заполненного водой. На какой высоте от дна находится точка приложения этой силы.
2. Тонкая палочка одним концом прикреплена к стенке сосуда, а другим погружена в воду. Палочка может

- вращаться относительно горизонтальной оси шарнира, находящегося над уровнем жидкости. Найти плотность материала палочки, если при равновесии в воду погружена ее половина. Вычислить отношение силы реакции в шарнире к весу палочки.
3. Тяжелая жидкость покоится относительно движущейся открытой цистерны. Найти угол наклона α свободной поверхности к горизонту, если цистерна а) движется в горизонтальной плоскости с постоянным ускорением a ; б) соскальзывает с плоскости, наклоненной под углом θ к горизонту. Коэффициент трения k известен. В каком случае поверхности жидкости будет горизонтальна?

На практических и лабораторных занятиях студенты решают задачи у доски в аудитории. Для демонстрации освоения предусмотренных дисциплиной компетенций каждый студент в семестр не менее одного раза должен выступить у доски.

Пример задач для практического занятия

1. Найти стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости в длинной горизонтальной цилиндрической трубе под действием заданного продольного перепада давления $i_0 = -\partial p/\partial x$ (течение Пуазейля), если сечение трубы есть круг радиуса a . Вычислить расход, максимальную и среднюю по сечению скорости.
2. Найти стационарное движение вязкой несжимаемой жидкости в длинной горизонтальной цилиндрической трубе под действием заданного продольного перепада давления $i_0 = -\partial p/\partial x$ (течение Пуазейля), если сечение трубы есть круговое кольцо (a и b – внутренний и внешний радиусы). Вычислить расход, максимальную и среднюю по сечению скорости.
3. Вязкая жидкость заключена между двумя бесконечно длинными коаксиальными цилиндрами, вращающимися вокруг оси с постоянными угловыми скоростями Ω_1 и Ω_2 . Градиент давления вдоль оси отсутствует. Радиусы цилиндров равны R_1 и R_2 , $R_2 > R_1$. Найти распределение скоростей (вращательное течение Куэтта). Силу тяжести не учитывать. Считать, что отлична от нуля только угловая (азимутальная) компонента скорости.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика М.: Физматлит, 2001. 731 с. [В библ. БашГУ имеется 28 экз.]

б) дополнительная литература:

2. К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг. Нефтегазовая гидромеханика. Изд. 2-е, доп. — М.: Институт компьютерных исследований, 2005. — 544 с. [В библ. БашГУ имеется 8 экз.]
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2004. Т.1. 528 с. [В библ. БашГУ имеется 10 экз.]
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2004. Т.2. 560 с. [В библ. БашГУ имеется 10 экз.]

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

1. ЭБС издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>

3. Российский портал «Открытого образования» <https://openedu.ru/>
4. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
<i>учебная аудитория</i> № 219а или № 224 (физмат корпус)	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран
<i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</i> аудитория № 219а или № 324 или № 318 или № 224 (физмат корпус)	Практические и лабораторные занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор, компьютеры
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

по дисциплине ФКС в современных технологиях. Избранные главы гидродинамики на 3-4 семестр

Разбиение общего числа часов по видам учебных занятий с указанием их объемов приведено в таблице 2
 Табл. 2

Вид работы	Общий объем дисциплины	Семестр № <u>3</u> . Количество часов	Семестр № <u>4</u> . Количество часов
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72	1/36	1/36
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	55,4	32,7	22,7
лекций	28	16	12
практических/ семинарских	10	0	10
лабораторных	16	16	0
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,4	0,7	0,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	16,6	3,3	13,3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	0	0	0

Форма(ы) контроля:
 зачет 3 семестр
 зачет 4 семестр

3 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
1.	Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Гидростатика.	2		4	0,6	[1]: § 1, 2, 3 [2]: глава 6	[3]: § 4.1 [4]: § 8.1	Приём домашних работ. Проверка реферата
2.	Условие отсутствия конвекции. Стационарное течение. Уравнение Бернулли. Плотность и поток энергии и импульса	4		2	0,6	[1]: § 4, 5, 6, 7 [2]: глава 7	[4]: § 8.2, 8.3	Приём домашних работ. Проверка реферата
3.	Сохранение циркуляции скорости. Несжимаемая жидкость. Потенциальное течение.	2		2	0,6	[1]: § 8, 9, 10 [2]: глава 8	[4]: § 8.11	Приём домашних работ. Проверка реферата
4.	Уравнение движения вязкой жидкости. Уравнение Навье – Стокса.	2		2	0,6	[1]: § 15	[3]: § 4.2, 5.7	Приём домашних работ. Проверка реферата
5.	Течение несжимаемой вязкой жидкости. Сохранение энергии.	4		4	0,6	[1]: § 15		Приём домашних работ. Проверка реферата
6.	Законы подобия. Числа Рейнольдса, Фруда, Струхала. Течение при малых числах Рейнольдса.	2		2	0,3	[1]: § 19, 20		Приём домашних работ. Проверка реферата
Всего часов:		16		16	3,3			

Примечание 1. В таблицу не включены запланированные 0.7 часа ФКР (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем).

4 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
1.	Задачи обтекания шара и цилиндра. Решение для задачи обтекания шара.	2	2		2	[1]: § 20 [2]: § 7.9	[4]: § 8.20	Приём домашних работ. Проверка реферата
2.	Сила, действующая на шар со стороны жидкости. Сила Стокса.	2	2		2	[1]: § 20	[4]: § 8.20	Приём домашних работ. Проверка реферата
3.	Течение по трубе. Точные стационарные решения уравнений движения для вязкой жидкости. Увлечение жидкости вращающимся диском.	2	2		3	[1]: § 17, 23 [2]: глава 9	[4]: § 8.21	Приём домашних работ. Проверка реферата
4.	Стационарное течение между вращающимися цилиндрами.	2	2		2	[1]: § 18	[2]: § 9.5	Приём домашних работ. Проверка реферата
5.	Течение в диффузоре и конфузоре.	2	2		2	[1]: § 23	[2]: § 9.4	Приём домашних работ. Проверка реферата
6.	Понятие о турбулентности. Проблема устойчивости стационарного движения жидкости.	2			2,3	[1]: § 26, 27, 28	[4]: § 8.22, 8.23	Приём домашних работ. Проверка реферата
	Всего часов:	12	10		13,3			

Примечание 1. В таблицу не включены запланированные 0.7 часа ФКР (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем).