


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

Утверждено:
на заседании кафедры теоретической физики
протокол №4 от «12» января 2022 г.

Зав. кафедрой  Вахитов Р.М.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

 /Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФКС в современных технологиях. Избранные главы гидродинамики

ФТД.01 Факультативная дисциплина

ПРОГРАММА МАГИСТРАТУРЫ

Направление подготовки

03.04.02 – Физика

Профиль подготовки

Цифровые технологии в физике функциональных материалов

Квалификация


магистр

Форма обучения

Очная

Разработчик (составитель)

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

 Харисов А.Т.
(подпись, Фамилия И.О.)

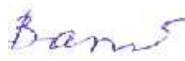
Для приема: 2022 г.

Уфа 2022

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

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики протокол №4 от «12» января 2022 г.

Заведующий кафедрой



_____ / Вахитов Р.М. /

Список документов и материалов

| | |
|--|--------|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций | 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> | 4 (10) |
| 4. Фонд оценочных средств по дисциплине | 5 |
| 4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), 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 | 5 |
| 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 установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

ПК-3. Способен принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство

Табл. 1

| Категория (группа) компетенций | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине |
|--------------------------------|---|--|---|
| | ПК-3. Способен принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство | ПК-3.1. Знать | Знать основные представления и уравнения теории идеальной и вязкой жидкости |
| | | ПК-3.2. Уметь | Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной и вязкой жидкости |
| | | ПК-3.3. Владеть | Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики |

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «ФКС в современных технологиях. Избранные главы гидродинамики» относится к факультативным дисциплинам.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

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 индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ПК-3. Способен принимать участие в разработке новых функциональных материалов и сопровождении их внедрения в производство

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине (модулю) | Критерии оценивания результатов обучения | |
|--|---|--|-----------|
| | | «Не зачтено» | «Зачтено» |
| ПК-3.1. Знать | Знать основные представления и уравнения теории идеальной и вязкой жидкости | Практически не знает | Знает |
| ПК-3.2. Уметь | Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной и вязкой жидкости | Практически не умеет | Умеет |
| ПК-3.3. Владеть | Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики | Практически не владеет | Владеет |

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

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине (модулю) | Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства) |
|--|---|--|
| ПК-3.1. Знать | Знать основные представления и уравнения теории идеальной и вязкой жидкости | Приём домашних работ. Проверка реферата. |
| ПК-3.2. Уметь | Уметь рассчитывать простейшие течения идеальной и вязкой жидкости | Приём домашних работ. Проверка реферата |
| ПК-3.3. Владеть | Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических задач в области гидродинамики | Приём домашних работ. Проверка реферата. |

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 библиотечном фонде 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 библиотечном фонде БашГУ имеется 8 экз.]
3. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2004. Т.1. 528 с. [В библиотечном фонде БашГУ имеется 10 экз.]
4. Седов Л.И. Механика сплошной среды: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2004. Т.2. 560 с. [В библиотечном фонде 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 № 3 . Количество часов | Семестр № 4 . Количество часов |
|---|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов) | 2/72 | 1/36 | 1/36 |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем: | 54,4 | 32,7 | 24,7 |
| лекций | 28 | 16 | 12 |
| практических/ семинарских | 12 | 0 | 12 |
| 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) | 14,6 | 3,3 | 11,3 |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль) | 0 | 0 | 0 |

Форма(ы) контроля:

зачет, проверка реферата 3 семестр

зачет, проверка реферата 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 | | 2 | [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 | | 1,3 | [1]: § 26, 27, 28 | [4]: § 8.22, 8.23 | Приём домашних работ. Проверка реферата |
| | Всего часов: | 12 | 12 | | 11,3 | | | |

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).