

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра теоретической физики**

Авторы-составители: **Демин Виталий Анатольевич  
Любимова Татьяна Петровна**

Рабочая программа дисциплины  
**ДИНАМИКА АНОМАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ**  
Код УМК 61103

Утверждено  
Протокол №6  
от «04» июня 2021 г.

Пермь, 2021

## **1. Наименование дисциплины**

Динамика аномальных жидкостей

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Динамика аномальных жидкостей** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.02** Физика (направленность : Фундаментальная физика)

**ПК.1** Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

#### **Индикаторы**

**ПК.1.1** Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (10 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Динамика аномальных жидкостей. Первый семестр

#### Классификация неньютоновских жидкостей

Общие положения и определения. Неньютоновские жидкости с реологическими характеристиками, не зависящими от времени: бингамовские пластики, псевдопластичные жидкости, дилатантные жидкости. Неньютоновские жидкости, реологические характеристики которых зависят от времени: тиксотропные жидкости, разрушение структуры при сдвиге; реопектические жидкости, структурообразование при сдвиге. Вязкоупругие жидкости: жидкость Максвелла, жидкость Олдройда. Механические модели реологически-сложных жидкостей. Модель Фойгта. Модель Максвелла. Обобщенное фойгтовское тело. Функция ползучести. Обобщенная максвелловская модель. Функция релаксации. Примеры применения моделей для описания реальных жидкостей.

#### Реологические уравнения для чисто вязких неньютоновских жидкостей

Требования объективности реологических уравнений состояния. Жидкости Рейнера-Ривлина. Реологическое уравнение. Линейное течение Куэтта. Обобщенные ньютоновские жидкости.

#### Реология вязкоупругих жидкостей

Понятие простой жидкости. Принцип затухания памяти. Общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью. Гидростатическая задача. Приближения для общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций. Дифференциальные уравнения состояния. Жидкость Ривлина-Эриксона. Интегральные уравнения состояния. Релаксационные уравнения состояния.

#### Течения в реометрических системах

Понятие простой жидкости. Принцип затухания памяти. Общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью. Гидростатическая задача. Приближения для общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций. Дифференциальные уравнения состояния. Жидкость Ривлина-Эриксона. Интегральные уравнения состояния. Релаксационные уравнения состояния.

#### Конвекция неньютоновских жидкостей

Устойчивость механического равновесия нелинейно-вязких и вязкопластичных жидкостей в замкнутых полостях при подогреве снизу. Конвекция вязкопластичной жидкости в замкнутой полости при нагреве сбоку. Возникновение конвекции упруговязкой жидкости в плоском горизонтальном слое, подогреваемом снизу.

#### Жидкости с внутренним вращением

Уравнения гидродинамики жидкостей с внутренним вращением. Парамагнитные жидкости. Гиромагнитные явления в жидких парамагнетиках. Магнитные жидкости.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - Москва: Наука, 1986. - 736
2. Кирко, И. М. Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем / И. М. Кирко, Г. Е. Кирко. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 632 с. — ISBN 978-5-4344-06 64-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/91953>

### Дополнительная:

1. Шлиомис М. И. Динамика жидких парамагнетиков: учебное пособие для вузов / М. И. Шлиомис. - Пермь, 1983. - 68.
2. Уилкинсон У. Л. Неньютоновские жидкости. Гидромеханика, перемешивание и теплообмен / У. Л. Уилкинсон ; ред. А. В. Лыков ; пер. с англ. З. П. Шульман. - Москва: Мир, 1964. - 216. - Библиогр.: с. 185-208
3. Фалькович, Г. Современная гидродинамика / Г. Фалькович. — 2-е изд. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, Регулярная и хаотическая динамика, 2019. — 252 с. — ISBN 978-5-4344-0635-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/92090.html>
4. Любимов Д. В., Любимова Т. П. Физическая гидродинамика. Расчетный семинар: учебное пособие / Д. В. Любимов, Т. П. Любимова. - Пермь, 2007, ISBN 5-7944-0818-9. - 84.

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Динамика аномальных жидкостей** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.  
Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.



2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Динамика аномальных жидкостей**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.1**

**Способен использовать специализированные знания в области физики для освоения  
профильных физических дисциплин**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.1</b> Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования</p>	<p>Знать понятия простой жидкости и общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью, с внутренним вращением. Уметь производить расчёты общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций, описывать гироманнитные явления в жидких парамагнетиках. Владеть навыками решения профессиональных задач.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает понятия простой жидкости и общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью, с внутренним вращением. Не умеет производить расчеты для общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций, описывать гироманнитные явления в жидких парамагнетиках. Не владеет навыками решения профессиональных задач.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания понятий простой жидкости и общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью, с внутренним вращением. Демонстрирует частично сформированное умение использовать приближения для общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций, описывать гироманнитные явления в жидких парамагнетиках. Имеет представление о методах решения профессиональных задач.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания понятий простой жидкости и общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью, с внутренним вращением. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить расчёты общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций, описывать гироманнитные</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>явления в жидких парамагнетиках. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет навыками решения профессиональных задач.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания понятий простой жидкости и общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью, с внутренним вращением. Сформированное умение производить расчёты общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций, описывать гиромагнитные явления в жидких парамагнетиках. Успешное и систематическое применение навыков решения профессиональных задач.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Классификация неньютоновских жидкостей <b>Входное тестирование</b>	Гидродинамика вязкой жидкости
<b>ПК.1.1</b> Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования	Реология вязкоупругих жидкостей <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Понятия простой жидкости и общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью.
<b>ПК.1.1</b> Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования	Течения в реометрических системах <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание уравнений конвекции неньютоновских жидкостей. Умение определять условия возникновения конвекции.
<b>ПК.1.1</b> Осваивает новые теоретические и экспериментальные методы исследования	Жидкости с внутренним вращением <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Уравнения гидродинамики жидкостей с внутренним вращением. Знание условий возникновения конвекции парамагнитных жидкостей.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Классификация неньютоновских жидкостей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.32 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Тензор вязких напряжений. Динамическая и кинематическая вязкость. Вторая вязкость	5
Граничные условия для вязкой жидкости. Течение Куэтта	5

Течение в канале и трубе.	5
Уравнения Навье-Стокса.	5

### Реология вязкоупругих жидкостей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1.12 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Приближения для общих уравнений состояния простых жидкостей в предельных случаях медленных течений и малых деформаций	9
Дифференциальные уравнения состояния. Жидкость Ривлина-Эриксона.	8
Понятие простой жидкости. Принцип затухания памяти. Общие уравнения состояния простой жидкости с затухающей памятью. Гидростатическая задача.	7
Интегральные уравнения состояния. Релаксационные уравнения состояния.	6

### Течения в реометрических системах

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.56 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Возникновение конвекции упруговязкой жидкости в плоском горизонтальном слое, подогреваемом снизу.	9
Устойчивость механического равновесия нелинейно-вязких жидкостей в замкнутых полостях при подогреве снизу.	8
Устойчивость механического равновесия вязкопластичных жидкостей в замкнутых полостях при подогреве снизу.	7
Конвекция вязкопластичной жидкости в замкнутой полости при нагреве сбоку.	6

### Жидкости с внутренним вращением

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1.12 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Уравнения гидродинамики жидкостей с внутренним вращением.	12
Гиромагнитные явления в жидких парамагнетиках.	11
Парамагнитные жидкости.	10

Магнитные жидкости.	7