

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра физики фазовых переходов**

Авторы-составители: **Макаров Дмитрий Владимирович**  
**Кузнецов Андрей Аркадьевич**

Рабочая программа дисциплины  
**ДИНАМИКА АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД**  
Код УМК 88734

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Динамика анизотропных сред

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

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

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Динамика анизотропных сред** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ОПК.8** способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

**ПК.1** способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	42
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Динамика анизотропных сред**

#### **Поле скорости и тензор напряжений**

Материальная производная.  
Объемные и поверхностные силы.  
Тензор напряжений.

#### **Макроскопическая теория Эриксона-Лесли**

Уравнение непрерывности.  
Уравнение движения жидкого кристалла.  
Уравнение движения директора.  
Уравнение баланса энергии.  
Уравнение производства энтропии.  
Соотношения взаимности Онсагера.  
Тензор напряжений Эриксона.  
Тензор вязких напряжений.  
Недиссипативная динамика.  
Диссипативная динамика.

#### **Приложения нематодинамики**

Полная система уравнений нематодинамики.  
Вискозиметрия нематика. Вязкости Мезовича. Число Эриксона.  
Ориентационные эффекты в ЖК, вызванные течением. Высокие скорости сдвига. Низкие скорости сдвига.  
Неустойчивости поля директора, перпендикулярного к плоскости сдвига.  
Нематик во вращающемся магнитном поле. Эффект Цветкова.

## **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. 7. Теория упругости/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.- Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2007, ISBN 978-5-9221-0122-6.-264
2. Блинов Л. М. Жидкие кристаллы: структура и свойства/Л. М. Блинов.-Москва: URSS, 2013, ISBN 978-5-397-03468-5.-480.-Библиогр. в конце гл.

### Дополнительная:

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 ; ред. Л. П. Питаевский.-5-е изд., стер.-Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2001, ISBN 5-9221-0121-8.-736
2. Клеман М., Лаврентович О. Д. Основы физики частично упорядоченных сред: жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты/М. Клеман, О. Д. Лаврентович ; ред.: С. А. Пикин, В. Е. Дмитриенко ; пер. с англ. Е. Б. Логинова [и др.].-Москва: Физматлит, 2007, ISBN 978-5-9221-0699-3.-680.-Библиогр. в подстроч. примеч.

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

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

<https://www.ilcsoc.org/> ILCS The International Liquid Crystal Society

<https://2012books.lardbucket.org/books/introduction-to-chemistry-general-organic-and-biological/s11-solids-liquids-and-gases.html> “Solids, Liquids, and Gases”

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

Образовательный процесс по дисциплине **Динамика анизотропных сред** 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 и практических занятия занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется 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

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 анизотропных сред**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p>	<p>Знать: основные представления теории динамики анизотропных сред. Уметь: использовать уравнения теории динамики анизотропных и при решении практических задач. Владеть: навыками вычисления поля директора жидкого кристалла при наличии течений.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные представления теории динамики анизотропных сред. Не умеет использовать уравнения теории динамики анизотропных и при решении практических задач. Не владеет навыками вычисления поля директора жидкого кристалла при наличии течений.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает основные представления теории динамики анизотропных сред.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает основные представления теории динамики анизотропных сред. Умеет использовать уравнения теории динамики анизотропных и при решении практических задач.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основные представления теории динамики анизотропных сред. Умеет использовать уравнения теории динамики анизотропных и при решении практических задач. Владеет навыками вычисления поля директора жидкого кристалла при наличии течений.</p>
<p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики,</p>	<p>Знать: основные понятия механики жидкости. Уметь: использовать знания в области математического анализа при описании динамики сплошных сред. Владеть: навыками решения типовых задач в предметной</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные понятия механики жидкости. Не умеет использовать знания в области математического анализа при описании динамики сплошных сред. Не владеет навыками решения типовых задач в предметной области.</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>области.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание основных понятий механики жидкости.  Демонстрирует частично сформированное умение использовать знания в области математического анализа при описании динамики сплошных сред.  Демонстрирует частично сформированное владение навыками решения типовых задач в предметной области.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание основных понятий механики жидкости.  Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать знания в области математического анализа при описании динамики сплошных сред.  Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками решения типовых задач в предметной области.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основные понятия механики жидкости.  Умеет использовать знания в области математического анализа при описании динамики сплошных сред.  Владеет навыками решения типовых задач в предметной области.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Поле скорости и тензор напряжений <b>Входное тестирование</b>	Знание основ общей физики, элементов векторного и тензорного анализа, математического анализа
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин <b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	Поле скорости и тензор напряжений <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание основных компонент описания движения сплошной среды

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p> <p><b>ОПК.8</b> способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Макроскопическая теория Эриксона-Лесли</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Уравнения динамики анизотропных сред. Недиссипативная динамика. Диссипативная динамика.</p>
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p>	<p>Приложения нематики</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Материальная производная. Объемные и поверхностные силы. Тензор напряжений. Уравнение непрерывности. Уравнение движения ЖК. Уравнение движения директора. Уравнение баланса энергии. Уравнение производства энтропии. Соотношения взаимности Онсагера. Тензор напряжений Эриксона. Тензор вязких напряжений. Недиссипативная динамика. Диссипативная динамика. Полная система уравнений нематики. Вискозиметрия нематика. Вязкости Мезовича. Число Эриксона. Ориентация течением и опрокидывание ориентации нематиков с директором в плоскости слоя. Высокие скорости сдвига. Низкие скорости сдвига. Неустойчивости поля директора, перпендикулярного к плоскости сдвига. Эффект Цветкова.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Поле скорости и тензор напряжений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**  
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольного тестирования оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

### Поле скорости и тензор напряжений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**  
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Дан полный ответ на вопрос в билете. Отсутствуют ошибки в формулах и формулировках основных положений. Вывод формул сопровождается соответствующими текстовыми пояснениями.	6
Дан полный ответ на вопрос в билете. Есть незначительные неточности в ряде формулировок.	5
Дан полный ответ на вопрос в билете. Допущены несущественные ошибки в выводе формул, формулировках и определениях или математические выкладки не сопровождаются соответствующими текстовыми пояснениями.	4
Основное содержание ответа на вопросы билета представлено. Есть незначительные ошибки при выводе формул /формулировках/определениях. Математические выкладки не сопровождаются текстовыми пояснениями.	3
Основное содержание вопроса не раскрыто. При выводе формул допущены грубые ошибки.	2
Основное содержание вопроса не раскрыто. Отсутствуют основные определения и формулы. В ответе присутствует минимальная (отрывочная) информация, относящаяся к вопросу.	1
Нет ответа на вопрос билета или представлен ответ на вопрос другого билета.	0
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Макроскопическая теория Эриксона-Лесли

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**  
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Дан полный ответ на вопрос в билете. Отсутствуют ошибки в формулах и формулировках основных положений. Вывод формул сопровождается соответствующими текстовыми пояснениями.	6

Дан полный ответ на вопрос в билете. Есть незначительные неточности в ряде формулировок.	5
Дан полный ответ на вопрос в билете. Допущены несущественные ошибки в выводе формул, формулировках и определениях или математические выкладки не сопровождаются соответствующими текстовыми пояснениями.	4
Основное содержание ответа на вопросы билета представлено. Есть незначительные ошибки при выводе формул /формулировках/определениях. Математические выкладки не сопровождаются текстовыми пояснениями.	3
Основное содержание вопроса не раскрыто. При выводе формул допущены грубые ошибки.	2
Основное содержание вопроса не раскрыто. Отсутствуют основные определения и формулы. В ответе присутствует минимальная (отрывочная) информация, относящаяся к вопросу.	1
Нет ответа на вопрос билета или представлен ответ на вопрос другого билета.	0
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Приложения нематодинамики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Дан полный ответ на вопрос в билете. Отсутствуют ошибки в формулах и формулировках основных положений. Вывод формул сопровождается соответствующими текстовыми пояснениями.	6
Дан полный ответ на вопрос в билете. Есть незначительные неточности в ряде формулировок.	5
Дан полный ответ на вопрос в билете. Допущены несущественные ошибки в выводах формул/формулировках/определениях или математические выкладки не сопровождаются соответствующими текстовыми пояснениями.	4
Основное содержание ответа на вопрос билета представлено. Есть незначительные ошибки в выводах формул/формулировках/определениях. Математические выкладки не сопровождаются текстовыми пояснениями.	3
Основное содержание вопроса не раскрыто. При выводе формул допущены грубые ошибки.	2
Основное содержание вопроса не раскрыто. Отсутствуют основные определения и формулы. В ответе присутствует минимальная (отрывочная) информация, относящаяся к вопросу.	1
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу	0

(40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	
Нет ответа на вопрос билета или представлен ответ на вопрос другого билета.	0