

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра физики фазовых переходов**

**Авторы-составители: Кузнецов Андрей Аркадьевич  
Гилев Валерий Григорьевич**

Рабочая программа дисциплины  
**ДИНАМИКА ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**  
Код УМК 93333

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

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Динамика дисперсных систем

## **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 дисперсных систем** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

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

**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>	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) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

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

### **Динамика дисперсных систем**

#### **1. Основные понятия реологии**

Предмет и задачи реологии, место реологии среди наук о материалах. Условность деления материалов на твёрдые и жидкие. Число Деборы. Упругость, вязкость и пластичность. Механические модели деформируемых сред. Модели Максвелла, Кельвина-Фойга, Зинера и Шведова-Бингама. Классификации текучих материалов, ньютоновские и неньютоновские жидкости, тиксотропия и реопексия.

#### **2. Динамика дисперсных систем**

Понятие дисперсной системы. Классификации дисперсных систем. Растворы, коллоиды и суспензии. Межчастичные взаимодействия и структурообразование. Основы реологии дисперсных систем. Модель Эйнштейна для неструктурированной системы. Модель Френкеля-Эйринга для систем с ограниченным объёмом. Цепочечная модель тиксотропных систем.

#### **3. Динамика полимерных жидкостей**

Статистическая физика полимерной цепочки. Идеальные и неидеальные цепи. Классификация полимерных растворов. Динамика разбавленных полимерных растворов, модели Рауза и Зимма. Вязкость систем с зацеплениями, теория рептаций.

#### **4. Динамика жидкостей с особыми свойствами**

Контроль реологических свойств дипольных жидкостей с помощью электромагнитных полей. Магнитовязкий эффект в ферроколлоидах, понятие вращательной вязкости. Магнито- и электрореологические жидкости. Понятие активных коллоидов, биологические и синтетические активные системы, самодвижущиеся частицы. Реология активных коллоидов.

## **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. Вшивков С. А. Методы исследования полимерных систем: Учебное пособие/Вшивков С. А..- Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016, ISBN 978-5-7996-1746-2.-233. <http://www.iprbookshop.ru/66168.html>
2. 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

### Дополнительная:

1. Гросберг А. Ю., Хохлов А. Р. Полимеры и биополимеры с точки зрения физики/А. Ю. Гросберг, А. Р. Хохлов.- Долгопрудный: Интеллект, 2010, ISBN 978-5-91559-087-7.-30412.-Библиогр.: с. 300-303 (55 назв.)
2. 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
3. Евстифеев Е. Н. Полимерные нанокomпозиционные материалы: Учебное пособие/Евстифеев Е. Н..- Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018, ISBN 978-5-4486-0162-0.-218. <http://www.iprbookshop.ru/72810.html>

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

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/20898/episode\\_id/155877/video\\_id/155877/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/155877/video_id/155877/) Алексей Хохлов.  
"Умные полимеры". 1-я лекция

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/20898/episode\\_id/155873/video\\_id/155873/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/155873/video_id/155873/) Алексей Хохлов.  
"Умные полимеры". 2-я лекция

[https://tvkultura.ru/video/show/brand\\_id/20898/episode\\_id/640583/video\\_id/640583/](https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/640583/video_id/640583/) Academia.  
Алексей Хохлов. "Полимеры в контексте нано"

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

Образовательный процесс по дисциплине **Динамика дисперсных систем** 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».
- бесплатный дистрибутив Anaconda для языка программирования Python с открытым исходным кодом или аналогичный,
- библиотека SciPy для языка программирования Python, предназначенная для выполнения научных и инженерных расчётов.

При освоении материала и выполнении 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 занятия требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для практических занятия требуется компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

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 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 дисперсных систем**

**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: основы современного состояния реологии дисперсных систем и полимерных растворов; Уметь: объяснять связь между реологическими характеристиками дисперсных систем и их микроструктурой; Владеть: методами математического описания механического отклика дисперсных и полимерных систем с учётом их внутренней структуры.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основы современного состояния реологии дисперсных систем и полимерных растворов; Не умеет объяснять связь между реологическими характеристиками дисперсных систем и их микроструктурой; Не владеет методами математического описания механического отклика дисперсных и полимерных систем с учётом их внутренней структуры.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание основ современного состояния реологии дисперсных систем и полимерных растворов; Демонстрирует частично сформированное умение объяснять связь между реологическими характеристиками дисперсных систем и их микроструктурой; Демонстрирует частично сформированное владение методами математического описания механического отклика дисперсных и полимерных систем с учётом их внутренней структуры.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание основ современного состояния реологии дисперсных систем и полимерных растворов; Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение объяснять связь между реологическими характеристиками дисперсных систем и их микроструктурой; Демонстрирует сформированное, но</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>содержащее отдельные пробелы владение методами математического описания механического отклика дисперсных и полимерных систем с учётом их внутренней структуры.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основы современного состояния реологии дисперсных систем и полимерных растворов;  Умеет объяснять связь между реологическими характеристиками дисперсных систем и их микроструктурой;  Владеет методами математического описания механического отклика дисперсных и полимерных систем с учётом их внутренней структуры.</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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	1. Основные понятия реологии <b>Входное тестирование</b>	Основные сведения из разделов общей физики и элементы теоретической физики.
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	2. Динамика дисперсных систем <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Упругость, вязкость и пластичность. Механические модели деформируемых сред. Модели Максвелла, Кельвина-Фойга, Зинера и Шведова-Бингама. Классификации текучих материалов
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	3. Динамика полимерных жидкостей <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Основы реологии дисперсных систем. Модель Эйнштейна для неструктурированной системы. Модель Френкеля-Эйринга для систем с ограниченным объёмом. Цепочная модель тиксотропных систем.
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	4. Динамика жидкостей с особыми свойствами <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Динамика разбавленных полимерных растворов, модели Рауза и Зимма. Теория репаций. Контроль реологических свойств дипольных жидкостей с помощью электромагнитных полей. Реология активных коллоидов.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### 1. Основные понятия реологии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Студенту предлагается ответить на 6 вопросов входного контроля. Каждый вопрос оценивается следующим образом: правильный ответ - 1 балл; неправильный ответ - 0 баллов.	6

## 2. Динамика дисперсных систем

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

Максимальный балл, выставяемый 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

## 3. Динамика полимерных жидкостей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

Максимальный балл, выставяемый 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	6

пояснениями.	
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

#### 4. Динамика жидкостей с особыми свойствами

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 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 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 (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0