

Разработано и утверждено
Ученым советом ИЭПТ -
структурного подразделения
ФИЦ КазНЦ РАН
30 января 2025 г., протокол № 1

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика неньютоновских жидкостей»

Составная часть
ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ -
программы подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре

Научная специальность

1.1.9. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Виды учебной деятельности, способ и формы ее проведения, трудоемкость дисциплины.
2. Перечень планируемых результатов обучения.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Содержание дисциплины.
5. Учебно-тематический план занятий.
6. Формы текущего контроля, критерии оценки.
7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины.
8. Описание материально-технической базы, необходимой для освоения дисциплины.

1. ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СПОСОБ И ФОРМЫ ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ, ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебной деятельности: аудиторные занятия – 27 часов, самостоятельная работа – 92 часа, зачет (форма зачета выбирается на усмотрение руководителя) – 1 час, всего – 120 часов.

Форма проведения аудиторных занятий – лекции, лабораторно-практические занятия, семинарские занятия и консультации.

В рамках часов самостоятельной работы по указанию преподавателя аспиранты прорабатывают темы и осваивают теоретические вопросы, излагаемые в лекционном курсе, а также самостоятельно изучают другие вопросы программы.

Формой итогового контроля является собеседование, реферат или зачет (на усмотрение научного руководителя).

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения дисциплины выпускник должен

Знать:

- Основные определения механики сплошных сред
- Классификацию неньютоновских жидкостей
- Характер кривых течений для обобщенных ньютоновских жидкостей
- Принцип работы реометра для исследования реологических свойств жидкостей
- Определение предела текучести
- Свойства тискоотропных и реопектических жидкостей
- Свойства линейной и нелинейной вязкоупругой жидкости.
- Базовые механические модели, описывающие реологическое поведение вязкоупругих сред
- Отличие между реологическими моделями дифференциального типа и интегрального
- Критерии подобия при изучении неньютоновских сред

- Отличия между моно и многомодальными реологическими уравнениями состояния среды
- Определение нормальных напряжений

Владеть:

- Определениями механики сплошных сред
- Классификацией неньютоновских жидкостей
- Принципами работы вискозиметра и реометра для исследования реологических свойств жидкостей
- Понятием о динамической, кинематической вязкости, пределе текучести, скорости сдвига
- Информацией о реальных жидкостях, реологические свойства которых зависят и не зависят от времени
- Механическими моделями, описывающими реологическое поведение вязкоупругих сред
- Критериями подобия

Уметь:

- Классифицировать жидкость по кривой вязкости или кривой текучести
- Исследовать реологические свойства с помощью вискозиметра, реометра.
- Аппроксимировать кривые вязкости и текучести реологическим моделями для обобщенных ньютоновских жидкостей
- Рассчитывать профиль установившегося течения обобщенной ньютоновской жидкости в круглой трубе на основе степенной реологической модели
- Находить параметры модели Максвелла
- Пользоваться программным обеспечением для нахождения параметров многомодальных реологических моделей Гиезекуса, Фан-Тьен—Таннера, eXt. Pom-Pom
- Анализировать научную информацию по профилю
- Рассчитывать обобщенное числа Рейнольдса, Вайсенберга и Деборы

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Механика неньютоновских сред» является элективной и/или факультативной дисциплиной и включена в Блок «Образовательная компонента» основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности *1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы»*. Обучение планируется на втором и/или третьем курсе.

Данная дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении курса «Механика сплошной среды», в рамках магистерской программы образования или специалитета.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **120 ч.**, из них аудиторные занятия – **27 ч.**, самостоятельная работа – **92 ч.**, зачет (форма зачета выбирается на усмотрение руководителя) – **1 ч.**

5. УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Наименование темы	Аудитор. занятия	Лаб. занятия	Самост. работа	Всего часов
1.	Основные определения механики сплошных сред	1	1	6	8
2.	Классификация неньютоновских жидкостей	1	1	7	9
3.	Обобщенные ньютоновские жидкости	1		7	8
4.	Реологические свойства обобщенной ньютоновской жидкости		3	7	10
5.	Ламинарное течение обобщенной ньютоновской жидкости	1	1	8	10
6.	Бингамовские пластики. Предел текучести. Реологические свойства.	1	1	5	7
7.	Неньютоновские жидкости, реологические характеристики которых зависят от времени. Тискотропные и реопектические жидкости.	1		5	6
8.	Линейные вязкоупругие жидкости. Механические (аналоговые) модели.	1	2	6	9
9.	Нелинейная вязкоупругие жидкости. Реологические модели дифференциального типа.	1	2	8	11
10.	Вязкоупругие жидкости интегрального типа.	1		5	6
11.	Реологические свойства вязкоупругой жидкости		2	8	10
12.	Критерии подобия для неньютоновских сред	1		5	6
13.	Многомодальные реологические модели. Точность аппроксимации кривой вязкости и динамических модулей.		2	8	10
14.	Упругость жидкости. Нормальные	1	2	7	10

	напряжения и вторичные течения.				
	Итоговый контроль				1
	ВСЕГО		28	92	120

6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

6.1. Итоговый контроль

Формой итогового контроля является собеседование, реферат или зачет (на усмотрение научного руководителя).

Перечень вопросов для зачета:

1. Что изучает реология?
2. Что называется деформацией?
3. Что называется напряжением?
4. Что такое простой сдвиг и чистый сдвиг?
5. Какая деформация называется растяжением?
6. Что называется релаксацией?
7. Что выражает закон Ньютона для жидкостей?
8. Что называется скоростью сдвига?
9. Что называется динамической и кинематической вязкостью?
10. Что называется кривыми течения и кривыми вязкости?
11. От каких параметров зависит вязкость?
12. Что называется характеристическим фактором времени и числом Деборы?
13. Что называется числом Вайсенберга?
14. Что называется тензором напряжений?
15. Что называется тензором деформаций?
16. Что называется тензором скоростей деформаций?
17. Что называется тензором скоростей вращения(версором)?
18. Что называется тензором конечных(больших) деформаций?
19. Какие жидкости называются простыми?
20. Какие жидкости называются ньютоновскими, а какие неньютоновскими?
21. Какие жидкости называются обобщенно-ньютоновскими и нелинейно-вязкими жидкостями?
22. Какие жидкости называются псевдопластическими жидкостями?
23. Какие жидкости называются дилатантными жидкостями?
24. Какие жидкости называются бингамовскими жидкостями?
25. Какие реологические модели называются моделями Освальда-де Валля, Шведова-Бингама, Carreau-Yasuda, Сиско, Рейнера-Филиппова, Кросса, Кэссона, Гершеля-Бакли?
26. Какие жидкости называются вязко-упругими жидкостями?
27. Какие реологические уравнения называются дифференциальными?
28. Какие реологические уравнения называются интегральными?
29. Что представляют собой многомодальные уравнения состояния?
30. Какие механические модели (поршни и пружины) используются для моделирования поведения вязкоупругих жидкостей?
31. Какие реологические модели называются моделями Maxwell linear, K-BKZ, UCM and Oldroyd-B, White-Metzner (WM), Виноградова-Покровского(MVP), Giesekus, FENE-P, Phan-Thien-Tanner linear (LPTT), Phan-Thien-Tanner exponential (EPTT), Single-equation eXtended Pom-Pom (SXPP) model?
32. Какие жидкости называются тиксотропными и реопектическими жидкостями?
33. В чем состоит эффект возникновения нормальных напряжения при сдвиговых течениях?

34. В чем состоит эффект Вайсенберга при перемешивании жидкости с помощью ротора?

35. Какие течения называются вискозиметрическими?

36. Что называется модулем накопления и потерь в периодических испытаниях?

Темы рефератов:

Темы рефератов определяются в соответствии с тематикой научных исследований аспирантов и оформляются согласно требованиям к оформлению научных рефератов.

- Псевдопластичные и дилатантные жидкости
- Реология растворов полимеров
- Устройства для измерения вязкости
- Вторичные течения при течении вязкоупругих жидкостей в каналах с внезапным сужением

Перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика	Представление оценочного средства в ФОС
1	Реферат	Продукт самостоятельной работы аспиранта, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
2	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам дисциплины: -перечень вопросов к семинару, -для устного опроса -задания для самостоятельной работы
3	Зачет	Продукт самостоятельной работы аспиранта, представляющий собой устный ответ по вопросам, охватывающим все разделы (модули)	Перечень вопросов к зачету

	дисциплины. Позволяет оценить уровень приобретенных знаний.	
--	---	--

6.2. Критерии оценки итогового контроля

«зачтено»	<p>- продемонстрировано полное усвоение материала;</p> <p>- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</p> <p>- усвоены основные категории по рассматриваемому и дополнительным вопросам;</p> <p>- имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов;</p> <p>- при неполном знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность компетенций, умений и навыков, не может применить теорию в новой ситуации.</p>
«не зачтено»	<p>- не раскрыто основное содержание учебного материала;</p> <p>- обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;</p> <p>- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;</p> <p>- не сформированы компетенции, умения и навыки.</p>

При выборе аспирантом дисциплины «Механика неньютоновских жидкостей» в качестве элективной, зачет по дисциплине является допуском к промежуточной аттестации – кандидатскому экзамену по специальной дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Литература

1. Астарита Дж., Марруччи Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей. Москва: МИР, 1978. – 309 с.
2. Уилкинсон У. Неньютоновские жидкости. Москва: МИР, 1964. – 216 с.
3. Малкин А.Я. Основы реологии. Спб.: ЦОП «Профессия», 2018. – 336 с.
4. Малкин А.Я., Реология: концепция, методы, приложения. Спб.: Профессия. 2007. 560 с.
5. Кирсанов Е.А., Матвеев В.Н. Неньютоновское поведение структурированных систем. Москва: Техносфера, 2016. – 384с.

7.2. Электронные ресурсы

1. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» -

- <http://www.e.lanbook.com>
2. Электронная библиотечная система «Библиокомплектатор» - <http://www.bibliocomplectator.ru/>
 3. Web of Science - <http://apps.webofknowledge.com/>
 4. Российская государственная библиотека - <http://www.rsl.ru>
 5. Электронные информационные ресурсы ЦНСХБ - <http://www.cns hb.ru/>
 6. Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>
 7. Электронная платформа издательства SPRINGER - <http://www.springerlink.com>
 8. Платформа научной электронной библиотеки e-Library.ru - <http://www.elibrary.ru>
 9. Электронная платформа издательства Elsevier - <http://www.sciencedirect.com>
 10. Электронная платформа издательства Elsevier - <http://www.scopus.com> (Реферативно-поисковая база данных Scopus)

8. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудиторные занятия, самостоятельная работа по освоению дисциплины и подготовка к сдаче зачета и кандидатского экзамена проводятся в специальных помещениях (читальный зал научной библиотеки, лабораторные комнаты), оборудованных мебелью (столы, стулья), компьютерами с доступом к сети Интернет, демонстрационным оборудованием.

Общая трудоемкость дисциплины:

Аудиторные и лабораторно-практические занятия – 27 ч.

Самостоятельная работа – 92 ч.

Зачет – 1 ч.

Всего – 120 ч.

Разработчики: ведущий научный сотрудник лаборатории теплофизики и волновых технологий, кандидат технических наук Кадыров А.И.; ведущий научный сотрудник лаборатории теплофизики и волновых технологий, доктор технических наук Вачагина Е.К.

Ведущий научный сотрудник лаборатории теплофизики и волновых технологий,

кандидат технических наук

А.И. Кадыров

Ведущий научный сотрудник лаборатории теплофизики и волновых технологий,

доктор технических наук

Е.К. Вачагина