

Федеральное агентство научных организаций

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр
Уральского отделения
Российской академии наук

Принято на заседании
Объединенного ученого совета
ПФИЦ УрО РАН
Протокол № 7
«24» сентября 2019 г.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Динамика магнитных жидкостей»
(наименование дисциплины по учебному плану)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление 01.06.01 Математика и механика
(код и наименование)

Профиль программы аспирантуры Механика жидкости, газа и плазмы (01.02.05)

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Курс: 1 Семестр(ы): 1, 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

Виды контроля:

Экзамен: - нет Зачёт: 2 Курсовой проект: - нет Курсовая работа: - нет

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Динамика магнитных жидкостей
(полное наименование дисциплины)

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ


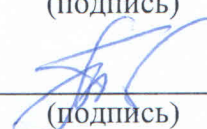
Дисциплина «Динамика магнитных жидкостей» Б1.В.ДВ2.2 входит в Блок 1 и относится к циклу дисциплин по выбору вариативной части Модуля 2 образовательной программы по направлению подготовки: 01.06.01 – Математика и механика, направленность Механика жидкости, газа и плазмы (01.02.05) и разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30» июля 2014 г. номер приказа «866» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Механика жидкости, газа и плазмы», утверждённой «24» сентября 2019 г.;
- учебных планов очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программ аспирантуры 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, утверждённых «24» сентября 2019 г.;
- примерной программы кандидатского экзамена, утвержденного Министерством образования и науки Российской Федерации.

Рабочая программа согласована с рабочей программой дисциплины

1. Гидродинамика неньютоновских жидкостей
2. Современные экспериментальные методы

участвующей в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик	<u> к.ф.-м.н. </u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u> Иванов А.С. </u> (инициалы, фамилия)
Рецензент:	<u> д.ф.-м.н., профессор </u> (учёная степень, звание)	 (подпись)	<u> Райхер Ю.Л. </u> (инициалы, фамилия)

3. Общие положения

Цель учебной дисциплины

Дисциплина «Динамика магнитных жидкостей» является частью подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации. Курс предназначен для формирования системы знаний и основных понятий по современным разделам механики магнитных жидкостей (нанодисперстных магнитных суспензий). Отличительной особенностью магнитных жидкостей является уникальное сочетание текучести с высокой магнитной проницаемостью, что позволяет управлять их свойствами с помощью магнитного поля. В настоящее время магнитные жидкости широко используются в высокотехнологичных механизмах и устройствах, использующихся в аэрокосмической технике, производстве высокочистых материалов, аудиотехнике, сепарации цветных металлов, при производстве шахтного оборудования и пр. Наука о магнитных жидкостях находится на стыке механики, коллоидной химии и физики магнитных явлений.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант расширяет и углубляет следующие компетенции:

- ПК-1 (способность проводить научные исследования в области механики жидкости и газа, ставить и решать конкретные фундаментальные и прикладные задачи механики жидкости и газа);
- ПК-3 (способность планировать, проводить и анализировать результаты экспериментальных исследований ламинарных и турбулентных течений непроводящих, проводящих и магнитных жидкостей).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

знать

- физико-химические свойства магнитных жидкостей;
- общие принципы решения исследовательских и практических задач, связанных с использованием магнитных жидкостей, в том числе в междисциплинарных областях.

уметь

- ставить задачу и планировать последовательность работ при изучении динамики магнитных жидкостей;
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные.

владеть

- методами формализации задач и анализа имеющейся информации (результатов механических и физических экспериментов);
- практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в данной области.

Задачами учебной дисциплины являются овладение методами и приемами постановки и решения методикой гранулометрического анализа, а также изучение:

- основных приемов и методов решения задач по динамике магнитных жидкостей, основных проблем, связанных с применением магнитных жидкостей;
- фундаментальных и прикладных проблем, разрабатываемых в настоящее время в мировой науке и открывающих новые возможности для практического использования магнитных жидкостей;
- адекватных качественных формулировок и физически обоснованных соотношений, описывающих поведение магнитных жидкостей во внешних полях;

Предметами освоения дисциплины являются:

- коллоидные растворы;
- основные магнитные величины и единицы измерения;
- законы намагничивания разбавленных и концентрированных растворов;

- динамика намагничивания;
- эффекты, связанные с межчастичными взаимодействиями;
- уравнения для пондеромоторных сил и магнитного скачка давлений на межфазной границе;
- уравнение движения и уравнение Бернулли для магнитной жидкости;
- условия существования термомагнитной конвекции;
- уравнение массопереноса в магнитной жидкости, включая магнитофорез, седиментацию и диффузию коллоидных частиц.

Связь с предшествующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по высшей математике, уравнениям математической физики, вариационному исчислению, общей физике в объеме программы высшего профессионального образования. Считается, что аспиранты знакомы с уравнениями движения вязкой жидкости, уравнениями тепло- и массопереноса в жидких средах и основными уравнениями электродинамики сплошных сред.

Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантом при изучении данного курса, необходимы при работе над диссертацией и при её написании по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-1, ПК-3.

4.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	Формулировка компетенции
	Способность проводить научные исследования в области механики жидкости и газа, ставить и решать конкретные фундаментальные и прикладные задачи механики жидкости и газа
Код ПК-1. Б1.В.ДВ2.2	Формулировка дисциплинарной части компетенции
	Способность проведения научных исследований в области динамики магнитных жидкостей, ставить и решать конкретные фундаментальные и прикладные задачи динамики магнитных жидкостей.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции аспирант: Знает: - современные достижения, методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики жидкости и газа (основные уравнения движения жидкости и газа и методы их решения) (3 ПК-1);	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - ставить задачу в области механики жидкости и газа и применять современные методы её анализа (У ПК-1).	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и

	научно-исследовательской работы	участия в конференциях
Владеет: - методами формализации задач и анализа проблем механики жидкости и газа (В ПК-1).	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

4.2. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции Способность планировать, проводить и анализировать результаты экспериментальных исследований ламинарных и турбулентных течений непроводящих, проводящих и магнитных жидкостей
Код ПК-3. Б1.В.ДВ2.2	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность планировать, проводить и анализировать результаты экспериментальных исследований физических свойств и динамики магнитных жидкостей.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции аспирант: Знает: - Современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению поведения жидких и газообразных сред, современное состояние экспериментальных возможностей в области исследования задач механики жидкости и газа (З ПК-3);	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
Умеет: - планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению поведения жидких и газообразных сред (У ПК-3).	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях
Владеет: - методами самостоятельного анализа имеющейся информации (результатов механических и физических экспериментов), практическими навыками и знаниями использования результатов	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

современных исследований в области механики жидкости и газа (В ПК-3)	исследовательской работы	
--	--------------------------	--

5. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч		
		по семестрам		всего
		1й	2й	
1	2	3		4
1	Аудиторная работа	14	-	14
	- лекции (Л)	14	-	14
	- практические занятия (ПЗ)	2	-	2
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-	-
3	Самостоятельная работа (СР)	36	52	90
	- изучение теоретического материала	36	52	90
4	Итоговая аттестация по дисциплине: Зачёт	2	2	4
5	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	54 1,5	54 1,5	108 3

6. Содержание учебной дисциплины

6.1 Модульный тематический план

Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов (очная форма обучения)							Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
			аудиторная работа					итоговая аттестация	самостоятельная работа		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	1	1	-	-	-	-	-	-	1
		1	3	3	-	-	-	-	-	14	17
		2	3	1	2	-	-	-	-	15	18
		3	3	3	-	-	-	-	-	19	22
		4	2	2	-	-	-	-	-	11	13
		5	2	2	-	-	-	-	-	12	14
		6	2	2	-	-	-	-	-	17	19
		Итого по модулю:	16	14	2	-	-	-	88	104	
Итоговая аттестация								4		4	
Всего:			16	14	2			4	88	108/3	

6.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины Введение.

Л – 1 ч.

Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.

Раздел 1.

Л – 13 ч., СР – 90 ч.

Тема 1. Общее представление о магнитных жидкостях. Коллоидные растворы и суспензии. Основные свойства и применение магнитных жидкостей (уплотнения и громкоговорители, магнитная сепарация, магнитожидкостный акселерометр, термомагнитный насос, гипертермия опухолей). Основные магнитные величины и соотношения между ними. Единицы измерения в системах СИ и СГС. Размагничивающий фактор, его роль в технике магнитных измерений. Силы Ван-дер-Ваальса. Стабилизация коллоидных растворов.

Тема 2. Взаимодействие магнитной жидкости с внешним полем. Равновесная намагниченность разбавленных растворов и ее асимптотики для монодисперсного ферроколлоида. Полидисперсность магнитных жидкостей и ее учет в теории Ланжевена.

Практическое занятие: Магнито-гранулометрический анализ разбавленных ферроколлоидов. Расчет равновесной намагниченности разбавленных магнитных жидкостей.

Тема 3. Массоперенос в магнитных жидкостях. Диффузия коллоидных частиц. Уравнение диффузии. Формула Эйнштейна для коэффициента диффузии коллоидных частиц. Оценки для коллоидов магнетита. Магнитофорез. Уравнение массопереноса для магнитной жидкости. Равновесное распределение магнитных частиц в разбавленном растворе.

Тема 4. Межчастичные взаимодействия. Магнитное поле однородно намагниченного шара (коллоидной частицы). Энергия диполь-дипольных межчастичных взаимодействий. Параметр агрегирования. Проблема учета диполь-дипольных межчастичных взаимодействий. Модель Вейсса эффективного поля. Модифицированная модель эффективного поля. Учет межчастичных взаимодействий в гранулометрическом анализе.

Тема 5. Квазиравновесная феррогидродинамика. Уравнение движения магнитной жидкости. Уравнение Бернулли для магнитной жидкости. Силы, действующие на тело, погруженное в магнитную жидкость. Магнитный скачок давления на межфазной границе. Термомагнитная конвекция и термомагнитный насос.

Тема 6. Переходные процессы в магнитных жидкостях. Релаксационное уравнение для намагниченности. Примеры релаксационных процессов. Динамическая восприимчивость монодисперсного ферроколлоида (формулы Дебая). Эффективная вязкость магнитной жидкости во внешнем поле. Ротационный эффект.

6.3 Перечень тем практических занятий

ПЗ – 2 ч.

Практические занятия по дисциплине предназначены для закрепления знаний, полученных в лекционном курсе, и приобретению навыков использования этих знаний на практике.

В частности, аспирантам предлагается определить дисперсный состав коллоидных частиц для феррожидкостей различной концентрации на основе кривой намагничивания. Провести анализ результатов, полученных с помощью различных теоретических моделей. Ввести корректировку данных с учетом диполь-дипольных взаимодействий в концентрированных феррожидкостях.

6.4 Перечень тем лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

6.5 Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в чтении рекомендуемой литературы и в применении усвоенного аппарата при работе над диссертацией.

6.6. Участие в научных мероприятиях различного уровня

№ п/п	Полное название мероприятия
1	Пермский гидродинамический семинар, научный семинар «ИМСС УрО РАН»
2	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, «ИМСС УрО РАН» (каждые два года)
3	Всероссийская конференция молодых ученых «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь, ПНИПУ (ежегодная)
4	Всероссийская конференция молодых ученых «Неравновесные процессы в сплошных средах», г. Пермь, ПГНИУ (ежегодная)
5	Плесская конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям (с периодичностью два года)
6	Участие в Российских и международных конференциях различного уровня
7	Участие в проектах РНФ, РФФИ (индивидуально)

7. Методические указания по изучению дисциплины

Аспирантам

Изучение учебной дисциплины должно проводиться систематически. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

При самостоятельной научно-исследовательской работе проводить знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект и т.д.; составлять аннотации к прочитанным литературным источникам; писать разделы глав научно-исследовательской работы; проводить самоконтроль освоения программного материала.

Необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента.

Преподавателям

Преподавателю необходимо систематически контролировать результаты самостоятельной работы и учитывать их при аттестации студента. При проведении аттестации студентов важно помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний. Проверка, контроль и оценка знаний студента требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

8. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов согласно основной профессиональной образовательной программы.

В ходе аудиторной работы преподаватель ведет диалог с аспирантами, задает вопросы, нацеленные на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом преобладает активность аспирантов в процессе обучения, преподаватель же направляет деятельность аспирантов на достижение целей занятия.

9. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

10. Управление и контроль освоения компетенций

Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса.

Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса.

Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого аттестационного испытания по билетам и контроля самостоятельной работы.

2) Экзамен

Не предусмотрен.

11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2005, 656 с. https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002790251	10
2	Розенцвейг Р. Феррогидродинамика. М."Мир". 1989, 357. Монография	10
2 Дополнительная литература		

2.1 Учебные и научные издания		
1	Берковский Б.М. и др. Магнитные жидкости. М. "Химия", 1989.	10
2	Шлиомис М.И. Магнитные жидкости. УФН, 1974, т. 112, с. 427-457. https://ufn.ru/ru/articles/1974/3/b/	0
3	Pshenichnikov A.F., Elfimova E.A., Ivanov A.O. Magnetophoresis, sedimentation and diffusion of particles in concentrated magnetic fluids . J. Chem. Phys. 2011. Vol. 134. 184508. https://science.urfu.ru/ru/publications/magnetophoresis-sedimentation-and-diffusion-of-particles-in-conce https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.3586806	0
2.2 Периодические издания		
1	Журнал «Вычислительная механика сплошных сред» http://www2.icmm.ru/journal/cont.htm	
2	Журнал «Известия РАН. Механика твердого тела», http://mtt.ipmnet.ru/ru	
3	Журнал «Известия РАН. Механика жидкости и газа» http://mzg.ipmnet.ru/ru	
4	Вестник ПНИПУ. «Механика» журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/	
5	Вестник ПГНИУ. «Физика» журнал / Пермский государственный национальный исследовательский университет; Под ред. В. А. Дёмина. - Пермь: Изд-во ПГНИУ, с 2016 г. http://press.psu.ru/index.php/phys/index	
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Электронные информационно-образовательные ресурсы		
1	Электронная библиотека диссертаций РГБ http://diss.rsl.ru	
2	Научная электронная библиотека РИНЦ (Elibrary) http://elibrary.ru	
3	Научная электронная библиотека ScienceDirect https://www.sciencedirect.com/	
4	Научная электронная библиотека SpringerLink https://link.springer.com/	
5	Научная электронная библиотека Elsevier https://www.elsevier.com	
6	Полнотекстовая мультидисциплинарная база данных диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global http://proquest.com/pqdtglobal/dissertations	
7	Университетская информационная система Россия https://uisrussia.msu.ru/	
8	Университетские библиотеки г. Перми http://biblioclub.ru/ http://pspu.ru/university/biblioteka/jelektronnye-resursy-biblioteki https://perm.hse.ru/library/ http://biblioteki.perm.ru/main/index.html?id=34	
9	Наукометрическая и реферативная база данных Scopus https://www.scopus.com	

10	Электронная база данных Web of Science http://apps.webofknowledge.com	
11	Национальная электронная библиотека https://нэб.рф/	

12. Материально-техническое обеспечение, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

№ п.п.	Помещения		
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории
1	2	3	4
1.	Лекционная мультимедийная аудитория	БОН	ауд.203
2.	Лекционная мультимедийная аудитория	«ИМСС УрО РАН», корп. Б	ауд.233

13 Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики

Образовательный процесс предполагает использование лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем:

Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Номер договора на покупку лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	RadExPro Plus	180530-1 от 18.06.2018	Моделирование геофизических процессов
2	Практическое	ZondRes	337.04/2019/74 от 15.11.2019	Моделирование геофизических процессов
3	Практическое	Kaspersky total security	A0019369661 от 14.08.2019	Безопасность данных
4	Практическое	COMSOL Multiphysics	сетевая лицензия (FNL) №9600871, Договор 43/17 от 11.08.2017	Моделирование механических процессов
5	Практическое	ANSYS	Договор 08-ПО/2016 КАДФЕМ Си-Ай-Эс от 08.09.2016	Моделирование механических процессов
6	Практическое, Лекционное	Office Standard 2013 Russian OLP NL Academic Edition	93/14 от 16.12.2014	Работа с текстовыми документами, презентациями и таблицами

