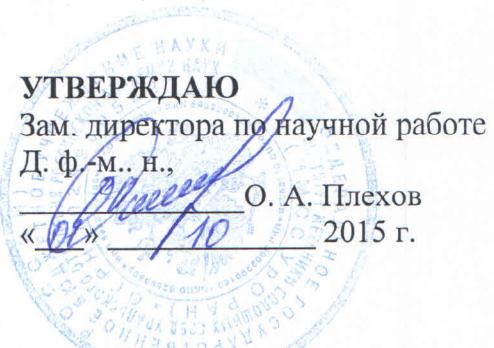


Федеральное агентство научных организаций
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт механики сплошных сред
Уральского отделения
Российской академии наук



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

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Курс: 2 Семестр: 4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 1 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 36 ч

Виды контроля:

Экзамен: -нет Диф.зачёт: -1 Курсовой проект: - нет Курсовая работа: - нет

Учебно-методический комплекс дисциплины

Динамика магнитных жидкостей

(полное наименование дисциплины)

разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «25» августа 2014 г. номер приказа «866» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика»(уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Механика жидкости, газа и плазмы», утвержденной «10» 09 2015 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», программы аспирантуры «Механика жидкости, газа и плазмы», утвержденной «10» 09 2015 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин

1. Основы физики магнитных явлений
2. Гидродинамика неильтоновских жидкостей

участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д.ф.-м. н, проф.
(учёная степень, звание)

(подпись)

Пшеничников А.Ф.
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д.ф.-м. н, проф.
(учёная степень, звание)

(подпись)

Райхер Ю.Л.
(инициалы, фамилия)

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена учёным советом ИМСС УрО РАН «10»
09 2015 г., протокол № 8-15**

1.Общие положения

1.1.Цель учебной дисциплины – формирование системы знаний и основных понятий по современным разделам механики магнитных жидкостей (нанодисперсных магнитных супензий). 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 (аэрокосмическая техника, производство высокочистых материалов, аудиотехника, сепарация цветных металлов, производство шахтного оборудования и пр.). Наука о магнитных жидкостях находится на стыке механики, коллоидной химии и физики магнитных явлений.

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

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

1.2.Задачи учебной дисциплины:

• 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;

• формирование умения и формирование навыков:

- овладение методами и приемами постановки и решения задач по динамике магнитных жидкостей, методикой гранулометрического анализа.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

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, магнитного скачка давлений на межфазной границе, уравнение движения и уравнение Бернуlli для магнитной жидкости, условия существования термомагнитной конвекции, уравнение массопереноса в магнитной жидкости, включая магнитофорез, седиментацию и диффузию коллоидных частиц.

1.4. Место учебной дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина «Динамика магнитных жидкостей» относится к *вариативной* части блока 1 и является *дисциплиной по выбор учащихся* при освоении ООПВО по направлению подготовки 01.06.01 – «Математика и механика», направленность «01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить следующие компетенции и демонстрировать следующие результаты:

• знать:

- 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);
- 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;

• уметь:

- ставить задачу в области механики жидкости и газа и применять современные методы её анализа;
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению поведения жидких и газообразных сред.

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 и при написании диссертации по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

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

2.1. 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.03.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции Знание методов исследования физических свойств и гидродинамических течений магнитной жидкости.
---------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: <ul style="list-style-type: none"> - 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 студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего контроля и контрольная работа реферативного плана для промежуточного контроля.
Умеет: <ul style="list-style-type: none"> - ставить задачу в области механики жидкости и газа и применять современные методы её анализа (У ПК-1). 	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачет для итогового контроля

2.2. 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.03.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность использовать методы и приемы постановки и решения задач по динамике магнитных жидкостей, методику гранулометрического анализа

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: Знает: <ul style="list-style-type: none"> - 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 (3 ПК-3); 	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Устный опрос для текущего контроля и контрольная работа реферативного плана для промежуточного контроля.

Умеет:		
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению поведения жидких и газообразных сред (УПК-3).	Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям), ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов, в части публикаций и участия в конференциях. Дифференцированный зачет для итогового контроля

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4й семестр	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная работа	14	14
	- лекции (Л)	14	14
	- лабораторные работы (ЛР)	0	0
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	18	18
	- изучение теоретического материала	18	18
	- подготовка к лабораторным работам	0	0
	- подготовка отчетов по лабораторным работам	0	0
4	Итоговая аттестация по дисциплине: <i>дифференцированный зачёт</i>	2	2
5	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	36 1	36 1

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плины	Номер темы дисципл ины	Количество часов (очная форма обучения)						Трудоём кость, ч / ЗЕ		
			аудиторная работа					итогова я аттеста ция	самос тояте льная работ а		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	1	1	-	-	-	-	-	1	
		1	1	1	-	-	-	-	3	4	
		2	3	2	-	-	1	-	3	6	
		3	2	2	-	-	-	-	3	5	
		4	3	2	-	-	1	-	3	6	
		5	3	3	-	-	-	-	3	6	
		6	3	3	-	-	-	-	3	6	
Итого по модулю:			16	14	-	-	2	-	18	34/0.94	
Итоговая аттестация								2		2/0.056	
Всего:			16	14	-	-	2	2	18	36/1	

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение.

Л – 1 ч.

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

Модуль 1.Динамика магнитных жидкостей

Раздел 1.

Л – 13ч., КСР – 2 ч., СРС – 18ч.

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. Магнитогранулометрический анализ разбавленных ферроколлоидов.

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.

4.3. Перечень тем практических занятий

Практические занятия не предусмотрены.

4.4. Перечень тем лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.5. Виды самостоятельной работы студентов

Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	изучение теоретического материала	3
2	изучение теоретического материала	3
	подготовка реферата	
3	изучение теоретического материала	3
4	изучение теоретического материала	3
	подготовка реферата	
5	изучение теоретического материала	3
6	изучение теоретического материала	3
	Итого: в ч/ в ЗЕ	18/0,5

4.5.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно

Тема 1. Общее представление о магнитных жидкостях. Размагничивающий фактор, его роль в технике магнитных измерений. Силы Ван-дер-Ваальса. Стабилизация коллоидных растворов.

Тема 2. Взаимодействие магнитной жидкости с внешним полем. Магнитогранулометрический анализ разбавленных ферроколлоидов.

Тема 3. Массоперенос в магнитных жидкостях. Уравнение массопереноса для магнитной жидкости. Равновесное распределение магнитных частиц в разбавленном растворе.

Тема 4. Межчастичные взаимодействия. Модель Вейсса эффективного поля. Модифицированная модель эффективного поля. Учет межчастичных взаимодействий в гранулометрическом анализе.

Тема 5. Квазиравновесная феррогидродинамика. Магнитный скачок давления на межфазной границе. Термомагнитная конвекция и термомагнитный насос.

Тема 6. Переходные процессы в магнитных жидкостях. Эффективная вязкость магнитной жидкости во внешнем поле. Ротационный эффект.

4.5.2. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект не предусмотрен.

4.5.3. Реферат

Две контрольные работы реферативного плана. Тематика определяется темой планируемой диссертационной работы аспиранта.

4.5.4. Расчётно-графические работы

Расчётно-графические работы не предусмотрены.

5.Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены 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.

Участие в научных мероприятиях различного уровня

№ п/п	Полное название мероприятия
1	Пермский городской гидродинамический семинар (еженедельный)
2	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, ИМСС УрО РАН (с периодичностью два года)
3	Научный семинар ИМСС УрО РАН
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	Всероссийская научная конференция «Физико-химические и прикладные проблемы магнитных дисперсных наносистем» (с периодичностью два года)
7	Russian Conference on Magnetic Hydrodynamics (с периодичностью три года)
8	International Conference on Magnetic Fluids (с периодичностью три года)

6. Управление и контроль освоения компетенций

6.1. Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме устного опроса.

6.2. Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании 2-ой и 4-ой темы дисциплины в форме контрольной работы реферативного плана.

6.3. Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и самостоятельной работы.

2) Экзамен не предусмотрен.

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	ТК	ПК	ЛР	Диф. зачёт
В результате освоения компетенции студент:				
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) (ПК-1);	+	+		
- 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(ПК-3);	+	+		
Умеет:				
- ставить задачу в области механики жидкости и газа и применять современные методы её анализа (ПК-1);				+
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению поведения жидких и газообразных сред (ПК-3).				+

ТК – текущий контроль в форме устного опроса по темам (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы реферативного плана (контроль знаний по теме);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и навыков).

7. График учебного процесса по дисциплине

4-й семестр

Модуль:	M1												
Контрольная работа реферативного плана							+					+	
Дисциплинарный Контроль													+
													диф. зачёт (2)
	Итого за семестр:												36

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	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. Учебник	1
2	Розенцвейг Р. Феррогидродинамика. М."Мир". 1989, 357. Монография	1
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Берковский Б.М. и др. Магнитные жидкости. М. "Химия", 1989.	1
2	Шлиомис М.И. Магнитные жидкости. УФН, 1974, т. 112, с. 427-457.	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.	1
2.2. Периодические издания		
1	Журналы «Magnetohydrodynamics», «Вычислительная механика сплошных сред»	
2.3. Нормативно-технические издания		
2.4. Официальные издания		
2.5. Электронные информационно-образовательные ресурсы		
1	Наукометрическая и реферативная база данных Scopus	
2	Электронная база данных Web of Science	

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1. Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС, корп. А	ауд.321	72	30
2.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС, корп. Б	ауд.233	72	30
3.	Компьютерный класс	ИМСС, корп. А	ауд.220	72	10

9.2.Основное учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)		Номер аудитории
			4	5	
1	2	3	4	5	
1	Компьютеры	10	оперативное управление	220	