

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



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИКА ВЯЗКОУПРУГИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

(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: 1, 2 Семестр(ы): 2-4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

Виды контроля:

Экзамен: - нет

Диф.зачёт: - 1

Курсовой проект: - нет Курсовая работа: - нет

Пермь 2015

Учебно-методический комплекс дисциплины**Физика вязкоупругих магнитных материалов**

(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. Динамика магнитных жидкостей
2. Гидродинамика неильтоновских жидкостей

участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д.ф.-м. н.
(учёная степень, звание)Райхер Ю.Л.
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д.ф.-м. н, проф.
(учёная степень, звание)Пшеничников А.Ф.
(инициалы, фамилия)Рабочая программа рассмотрена и одобрена учёным советом ИМСС УрО РАН
«10» 09 2015 г., протокол № 6-15.

1. Общие положения

1.1. Цель учебной дисциплины – формирование системы знаний и основных понятий по современным быстро развивающимся разделам механики смарт-материалов (феррогели, мягкие магнитные эластомеры, магнитные резины). Отличительной особенностью этих композиционных сред является возможность эффективно управлять их свойствами в бесконтактном режиме: за счет приложения внешнего магнитного поля. Настоящий курс является междисциплинарным, он опирается на понятия и концепции как механики сплошных сред, так и физики магнитных явлений в конденсированном веществе.

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 проблем магнитомеханики мягких магнитных эластомеров, дать адекватные качественные формулировки и физически обоснованные соотношения, описывающие поведение этих систем при совместном воздействии механических нагрузок и внешних магнитных полей, однородных и неоднородных;
 - направлений исследования мягких магнитных эластомеров, разрабатываемых в настоящее время в мировой науке;
 - современных экспериментов в этой области, достоверно обнаруженных эффектов, которые открывают уникальные возможности для практического использования мягких магнитных эластомеров;
- **формирование умения и формирование навыков:**
 - овладение методами и приемами постановки и решения теоретических задач магнитомеханики этих существенно многомасштабных систем.

1.3. Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

Магнитомеханика смарт-материалов (феррогели, мягкие магнитные эластомеры, магнитные резины).

1.4. Место учебной дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников.

Дисциплина «Динамика магнитных жидкостей» относится к *вариативной* части блока 1 и является *дисциплиной по выбору аспирантов* при освоении

ООП ВО 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.

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.03.03	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность проводить научные исследования в области магнитомеханики мягких магнитных эластомеров.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки

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) (3 ПК-1);	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала и при подготовке реферата	Устный опрос для текущего контроля и презентация реферата для промежуточного контроля.
Умеет: - 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.03.03	Формулировка дисциплинарной части компетенции Способность планировать и проводить экспериментальные исследования свойств мягких магнитных эластомеров при совместном воздействии механических нагрузок и внешних магнитных полей, однородных и неоднородных.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент: 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 (3 ПК-3);	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала и при подготовке реферата	Устный опрос для текущего контроля и презентация реферата для промежуточного контроля.
Умеет: - планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению поведения жидких и газообразных сред (У ПК-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		
		по семестрам		всего
		3	4	
1	2	2й	3й	4й
1	Аудиторная работа	26	-	-
	- лекции (Л)	14	-	-
	- лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
	- участие в лабораторных семинарах (ПЗ)	12	-	-
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	-	-
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	6	36	34
	- изучение теоретического материала	-	36	34
	- подготовка реферата	6	-	-
4	Итоговая аттестация по дисциплине: <i>дифференцированный зачёт</i>	-	-	2
5	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	36 1	36 1	36 1
				108 3

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 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		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	Введение	3	1	2	-	-	-	-	
		1	3	1	2	-	-	-	12	
		2	4	2	2	-	-	-	12	
		3	4	2	2	-	-	-	12	
		4	4	2	2	-	-	-	10	
		5	4	2	2	-	-	-	10	
		6	4	2	-	-	2	-	10	
		7	4	2	-	-	2	-	10	
Итого по модулю:			30	14	12	-	4		76	
Итоговая аттестация						-		2	2/0.056	
Всего:						-		2	108/3	

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение.

Л – 1ч., ПЗ – 2ч.

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

Модуль 1. Физика вязкоупругих магнитных материалов

Раздел 1. Уравнения равновесия и движения мягких магнитных эластомеров.

Л – 13ч., ПЗ – 10ч., КСР – 4ч., СРС – 76ч.

Тема 1. Диполь-дипольное взаимодействие магнитных частиц, потенциальная энергия и межчастичные силы. Макроскопическая теория ферромагнетиков. Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Доменная структура.

Тема 2. Неоднородное взаимное намагничивание частиц. Постановка задачи. Случай линейного намагничивания: решение Джейфри, представление решения в виде рядов, расчёт межчастичных сил. Результаты численного расчёта для произвольного закона намагничивания.

Тема 3. Общая классификация магнитных нанокомпозитов: магнитные жидкости, магнитореологические суспензии, феррогели, мягкие магнитные эластомеры, магнитные резины. Качественные основы магнитомеханики эластомерных композитов и феррогелей, предсказание возможных эффектов. Мягкие магнитные эластомеры (ММЭ). Тензоры упругих напряжений и напряжений Максвелла.

Тема 4. Однокомпонентный континуум, вывод системы уравнений магнитоупругости для статического случая. Пондеромоторные силы в ММЭ в однородном поле. Поведение образца ММЭ в однородном поле: задачи о магнитострикции сферы и эллипсоида.

Тема 5. Структурный подход, понятие о мезоскопическом (межчастичном) механизме дипольной магнитострикции. Анализ дипольной магнитострикции в образцах ММЭ с «газообразным» распределением частиц и при наличии сильных парных корреляций. Доказательство определяющего влияния ближнего пространственного порядка частиц на магнитострикцию.

Тема 6. Приближенный учёт мезоскопических эффектов в континуальной модели. Свойства ММЭ с высокой концентрацией наполнителя. Эффект индуцированной пластичности, внутреннее трение как его главная причина, структурная схема для описания индуцированной пластичности в адиабатическом приближении. Роль релаксационных явлений.

Тема 7. Постановки реометрических задач, зависимость комплексного модуля упругости ММЭ от частоты и поля.

4.3. Перечень тем практических занятий

Участия в качестве слушателей на рабочем семинаре Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей

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	12
2	изучение теоретического материала	12
3	изучение теоретического материала	12
4	изучение теоретического материала	10
5	изучение теоретического материала	10
6	изучение теоретического материала	10

	подготовка реферата	
7	изучение теоретического материала	10
	подготовка реферата	
	Итого: в ч / в ЗЕ	76/2,1

4.5.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно

Тема 1. Особенности отклика однодоменных и многодоменных частиц ферромагнетика на приложенное поле.

Тема 2. Методы решения уравнений в частных производных эллиптического типа. Границные условия для магнитостатического потенциала. Аналогия между уравнением теплопроводности и задачей магнитостатики, соответствие физических величин.

Тема 3. Силы, действующие на ММЭ в неоднородном магнитном поле.

Тема 4. Электрострикционный аналог магнитодеформационного эффекта, приближение однородной деформации. Точное решение задачи о намагничивании сферы из ММЭ, оценка вклада неоднородной деформации в магнитодеформационный эффект.

Тема 5. Знакомство с литературой по экспериментальному измерению магнитострикции: методы, материалы, материальные параметры, характерные диапазоны полей измерения, нагрузок, времён.

Тема 6. Структурные схемы макроскопической реологии: тела Кельвина, Томсона, комбинированные схемы. Уравнения движения ММЭ в континуальном приближении. Учёт внутренней вязкости в тензоре напряжений и её зависимости от приложенного поля.

4.5.2. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект не предусмотрен.

4.5.3. Реферат

Представление аспирантами рефератов по индивидуальным темам (тематика определяется темой планируемой диссертационной работы аспиранта).

4.5.4. Расчёто-графические работы

Расчёто-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	Рабочий семинар Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей, научный семинар ИМСС УрО РАН
2	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, ИМСС УрО РАН (ежедвухгодичная)
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	Международной школа-семинар «Новые магнитные материалы микроэлектроники», г. Москва, физфак МГУ (ежедвухгодичная)
7	Участие в проектах РФФИ Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей (индивидуально)

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 раздела в форме презентации реферата.

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, результатам семинаров и самостоятельной работы.

2) Экзамен

Не предусмотрен.

6.4. Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и 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 презентации реферата (контроль знаний по теме);

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

7. График учебного процесса по дисциплине

2-й семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																	Итого, ч	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	B																		
Лекции	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	14	
ПЗ (семинары лаборатории)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12	
KCP																2	2	4	
CPC (подготовка реферата)															3	3		6	
CPC (изучение теоретического материала)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Модуль:	M1																		
Презентация реферата																+		+	
Дисциплинарны й Контроль																		диф. Зачёт	
Итого за семestr:																	36		

3-й семестр

Изучение теоретического материала	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
Модуль:	M1																
Устный опрос	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисциплинарный Контроль																	диф. зачёт
Итого за семестр:																	36

4-й семестр

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																	Итого, ч
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Раздел:																		
Лекции	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KCP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Изучение теоретического материала		4	3		3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		34
Модуль:	M1																	
Устный опрос	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Дисциплинарный Контроль																	+ (2)	диф. зачёт
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. Основная литература			
1	Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Физматлит, 2003, 616 с.	1	
2	Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Теория электромагнитных явлений в веществе. Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005, 848 с.	1	
3	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред М.: Физматлит, 2005, 656.	1	
4	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред М.: Мир, 1991, 560 с.	1	
2. Дополнительная литература			
2.1. Учебные и научные издания			

1	Алексеев А.Г., Корнев А.Е. Эластичные магнитные материалы. М.: Химия, 1976. 198 с.	1
2	Алексеев А.Г., Корнев А.Е. Магнитные эластомеры. М.: Химия, 1987. 238 с.	1
3	Райхер Ю.Л., Столбов О.В. Деформационное поведение эллипсоидального образца феррогеля в однородном магнитном поле // Прикладная механика и техническая физика. 2005. №3. С.153–164.	1
4	Райхер Ю.Л., Столбов О.В. Деформационное поведение эллипсоидального образца феррогеля в однородном магнитном поле // Вычислительная механика сплошных сред. 2009. Т. 2. №2. С.85–90.	2
5	Raikher Yu.L., Stolbov O.V., Balasoiu M. Modelling of magnetodipolar striction in soft magnetic elastomers // Soft Matter. 2011. Vol. 7. P.8484–8487.	1

2.2. Периодические издания

1	Журнал «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
1	2	3	4	5
1	Компьютеры	10	оперативное управление	220