

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



**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«ФИЗИКА ВЯЗКОУПРУГИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

*Направление подготовки: 01.06.01«Математика и механика»
Профиль подготовки: «Механика деформируемого твердого тела»
Квалификация (степень) выпускника: Исследователь. Преподаватель-
исследователь*

Пермь 2015

РАЗДЕЛ I. Аннотация

1.1 Краткая характеристика данной дисциплины, ее особенности

Дисциплина «Физика вязкоупругих магнитных материалов» 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 «01.02.04 – механика деформируемого твердого тела».

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 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Цели изучения 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 деформируемого твердого тела, так и физики магнитных явлений в конденсированном веществе.

Задачи 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;
- современного уровня эксперимента 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.

1.2 Требования к результатам освоения дисциплины

Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения дисциплины «Теория упругости. Теория пластичности. Теория ползучести»:

Код	Содержание
ПК-1:	Способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела
ПК-2:	Способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях.
ПК -3:	Способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения
ПК -5:	Способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

• **знать:**

- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале);
- методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела;
- методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;
- современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов.

• **уметь:**

- ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности;
- ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения;

- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов.

Формы работы студентов

Аудиторные занятия: лекции.

Самостоятельная работа: изучение теоретического материала.

1.3 Виды контроля.

Рабочая программа дисциплины предусматривает текущий контроль в форме устного опроса по окончании разделов дисциплины, итоговый контроль в форме дифференцированного зачета, который выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и самостоятельной работы.

РАЗДЕЛ II. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине (модулю) «Теория упругости. Теория пластичности. Теория ползучести»

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (модуля)*	Наименование оценочного средства**	Код контролируемой компетенции***
1	Раздел 1: Электро- и магнитодинамика сплошных сред Тема 1. Электрический заряд, ток и токовый диполь. Уравнения Максвелла в вакууме. Энергия диполя во внешнем магнитном поле.	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Тема 2. Электродинамика атома, орбитальный и спиновый магнитные моменты, характер микроскопических полей в конденсированном веществе. Переход к макроскопическому описанию поля в среде, индукция, напряженность и поляризация / намагниченность. Уравнения	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

	Максвелла, тензоры проводимости, восприимчивости и проницаемости вещества.		
	Тема 3. Стационарное магнитное поле в веществе, размагничивающее поле и тензор размагничивающих коэффициентов. Энергия намагниченного тела, тензор напряжений Максвелла, пондеромоторные силы. Представление магнитного поля через потенциал, уравнение Лапласа.	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
2	<p>Раздел 2: Физическая природа магнитного упорядочения в веществе, магнитные частицы</p> <p>Тема 4. Квантовая природа обменного взаимодействия спинов, гамильтониан Гейзенберга. Кооперативный характер магнитного упорядочения спинов, ферромагнетики, ферримагнетики (ферриты) и антиферромагнетики. Температура Кюри, появление спонтанной намагниченности как фазовый переход. Теория среднего поля, ее результаты; модель Ландау — обобщенный подход, основанный на анализе симметрии параметра порядка.</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Тема 5. Макроскопическая электродинамика ферромагнетиков, обменная энергия, энергия спин-орбитального	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

	<p>взаимодействия (магнитная анизотропия), магнитостатическая энергия (размагничивание). Теория доменной структуры, толщина и поверхностное натяжение доменной стенки для разных типов материалов.</p> <p>Микромагнетизм как обобщение теории доменной структуры.</p>		
	<p>Тема 6. Теория кривых намагничивания: магнитомягкие и магнитожесткие материалы, петли магнитного гистерезиса и безгистерезисные режимы, потери энергии при намагничивании.</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	<p>Тема 7. Однодоменные частицы, энергетические оценки размера однодоменности. Суперпарамагнитное поведение наночастиц: неелевская релаксация, температура блокировки, зависимость времени релаксации от приложенного поля</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	<p>Тема 8. Диполь-дипольное взаимодействие между однодоменными частицами. Принципиальные различия при взаимодействии частиц на малых расстояниях.</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

3	<p>Раздел 3: Уравнения равновесия и движения мягких магнитных эластомеров.</p> <p>Тема 9. Базовые представления о структуре ММЭ, примеры реальных систем и типичных экспериментов, демонстрирующих смарт-поведение изучаемых материалов. Связь мезоскопического рассмотрения с континуальным описанием.</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	<p>Тема 10. Построение общей системы уравнений магнитоупругости. Вывод выражения для свободной энергии ММЭ без учёта перекрестных эффектов. Механизм взаимного влияния намагниченности и деформации через пондеромоторные силы. Задача о магнитодеформационном эффекте в сферическом образце, положительность «нелокальной» магнитострикции.</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	<p>Тема 11. Мезоскопическая постановка задачи деформации ММЭ, содержащего магнитомягкие частицы. Стержневые модели и модели частиц, погруженных в упругую матрицу, вывод об отрицательности магнитодипольной стрикции</p>	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

	Тема 12. Результаты 2D и 3D численного моделирования, доказательство важной роли эффектов ближнего пространственного порядка частиц, устранение противоречий между мезоскопическим и макроскопическим подходами. Поправки к магнитострикционным коэффициентам, обусловленные учётом взаимодействия магнитомягких частиц на малых расстояниях	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5
	Тема 13. Уравнения движения ММЭ в континуальном приближении. Учёт внутренней вязкоупругости в тензоре напряжений, зависимость упругих и вязких коэффициентов от приложенного поля. Решение базовых реометрических задач (циклическое растяжение, осциллирующий сдвиг), расчет зависимости комплексного модуля упругости ММЭ от частоты деформаций и величины поля	Вопросы для устного опроса	ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5

*Наименование темы (раздела) или тем (разделов) берется из рабочей программы дисциплины (модуля).

**Примерный перечень оценочных средств приведен в приложении А.

***Код контролируемой компетенции берется из ФГОС ВПО, ФГОС ВО

РАЗДЕЛ III. Содержание оценочных средств по дисциплине

Приложение А
(обязательное)

Перечень вопросов для текущего контроля (устный опрос)

1. Электрический заряд, ток и токовый диполь. Уравнения Максвелла в вакууме. Энергия диполя во внешнем магнитном поле.
2. Электродинамика атома, орбитальный и спиновый магнитные моменты, характер микроскопических полей в конденсированном веществе. Переход к макроскопическому описанию поля в среде, индукция, напряженность и поляризация / намагниченность. Уравнения Максвелла, тензоры проводимости, восприимчивости и проницаемости вещества.
3. Стационарное магнитное поле в вещества, размагничивающее поле и тензор размагничивающих коэффициентов. Энергия намагниченного тела, тензор напряжений Максвелла, пондеромоторные силы. Представление магнитного поля через потенциал, уравнение Лапласа.
4. Квантовая природа обменного взаимодействия спинов, гамильтониан Гейзенберга. Кооперативный характер магнитного упорядочения спинов, ферромагнетики, ферримагнетики (ферриты) и антиферромагнетики. Температура Кюри, появление спонтанной намагниченности как фазовый переход. Теория среднего поля, ее результаты; модель Ландау — обобщенный подход, основанный на анализе симметрии параметра порядка.
5. Макроскопическая электродинамика ферромагнетиков, обменная энергия, энергия спин-орбитального взаимодействия (магнитная анизотропия), магнитостатическая энергия (размагничивание). Теория доменной структуры, толщина и поверхностное натяжение доменной стенки для разных типов материалов. Микромагнетизм как обобщение теории доменной структуры.
6. Теория кривых намагничивания: магнитомягкие и магнитожесткие материалы, петли магнитного гистерезиса и безгистерезисные режимы, потери энергии при намагничивании.
7. Однодоменные частицы, энергетические оценки размера однодоменности. Суперпарамагнитное поведение наночастиц: неелевская релаксация, температура блокировки, зависимость времени релаксации от приложенного поля.
8. Диполь-дипольное взаимодействие между однодоменными частицами. Принципиальные различия при взаимодействии частиц на малых расстояниях.
9. Базовые представления о структуре ММЭ, примеры реальных систем и типичных экспериментов, демонстрирующих смарт-поведение изучаемых материалов. Связь мезоскопического рассмотрения с континуальным описанием.

10. Построение общей системы уравнений магнитоупругости. Вывод выражения для свободной энергии ММЭ без учёта перекрестных эффектов. Механизм взаимного влияния намагниченности и деформации через пондеромоторные силы. Задача о магнитодеформационном эффекте в сферическом образце, положительность «нелокальной» магнитострикции.
11. Мезоскопическая постановка задачи деформации ММЭ, содержащего магнитомягкие частицы. Стержневые модели и модели частиц, погруженных в упругую матрицу, вывод об отрицательности магнитодипольной стрикции.
12. Результаты 2D и 3D численного моделирования, доказательство важной роли эффектов ближнего пространственного порядка частиц, устранение противоречий между мезоскопическим и макроскопическим подходами. Поправки к магнитострикционным коэффициентам, обусловленные учётом взаимодействия магнитомягких частиц на малых расстояниях.
13. Уравнения движения ММЭ в континуальном приближении. Учёт внутренней вязкоупругости в тензоре напряжений, зависимость упругих и вязких коэффициентов от приложенного поля. Решение базовых реометрических задач (циклическое растяжение, осциллирующий сдвиг), расчет зависимости комплексного модуля упругости ММЭ от частоты деформаций и величины поля.

Разработчик:


(подпись)

д.ф.-м. н. Райхер Ю.Л.