

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.

Утверждаю
Директор ПФИЦ УрО РАН
Чл. корр. РАН А.А. Барях



«24» сентября 2019 г.

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Физика вязкоупругих магнитных материалов»

Направление 01.06.01 Математика и механика
(код и наименование)

Профиль программы аспирантуры Механика деформируемого твердого тела (01.02.04)

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

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Физика вязкоупругих магнитных материалов» разработан 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 деформируемого твердого тела (01.02.04), утверждённой «24» сентября 2019 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры Механика деформируемого твердого тела (01.02.04), утверждённой «24» сентября 2019 г.;
- примерной программы кандидатского экзамена, утвержденного Министерством образования и науки Российской Федерации;
- положением о формировании фонда оценочных средств, принятого на заседании Объединенного ученого совета ПФИЦ УрО РАН, протокол № 4 от 11.05.2018, утверждено распоряжением директора ПФИЦ УрО РАН №21 от 14.05.2018.

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

Рецензент: к.ф.-м.н.,  Иванов А.С.
(учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Согласовано: д.ф.-м.н., профессор  Плехов О.А. Зам.
директора (учёная степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)
ИМСС УрО РАН
по научной работе

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно профессиональной образовательной программе аспирантуры по направлению подготовки: 01.06.01 – Математика и механика, направленность Механика деформируемого твердого тела (01.02.04) учебная дисциплина Б1.В.ДВ3.1 «Физика вязкоупругих магнитных материалов» предназначена для формирования 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.

В процессе изучения дисциплины «Физика вязкоупругих магнитных материалов» аспирант формирует части следующих компетенций:

- 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).

1.2 Этапы формирования компетенций.

Учебный материал дисциплины осваивается за 1-й и 2-й семестр, в которых предусмотрены аудиторные занятия, семинары и самостоятельная работа аспирантов. При изучении дисциплины формируются компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в дисциплинарных картах соответствующих компетенций в РПД. Уровень освоения дисциплины проверяется по результатам приобретения указанных компонент компетенций.

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля			
	1 семестр		2 семестр	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания				
3 ПК-1 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	УО	ТВ		

процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале)				
3 ПК-2 Знать методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела			УО	ТВ
3 ПК-3 Знать методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения	УО	ТВ		
3 ПК-5 Знать современные методы, приемы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов			УО	ТВ
Освоенные умения				
У ПК-1 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	С	ПЗ		
У1 ПК-2 Уметь ставить задачу и проводить численные и аналитические исследования краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях	С			ПЗ
У2 ПК-2 Уметь применять теоретические знания по методам сбора, хранения, обработки и передачи информации	С	ПЗ		
У ПК-3 Уметь ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения	С			ПЗ
У ПК-5 Уметь планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов	С	ПЗ		
Приобретенные владения				
В ПК-1 Владеть - методами решения задач и анализа проблем механики деформируемого твёрдого тела	С	ПЗ		
В ПК-2 Владеть методами самостоятельного анализа краевых задач для различных классов уравнений, практическими навыками и знаниями использования современных исследовательских и проектных технологий	С			ПЗ
В ПК-3 Владеть методами самостоятельного анализа имеющейся информации (данных оптической, атомно-силовой и электронной	С	ПЗ		

микроскопии, результатов механических и физических экспериментов); практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в области связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения				
В ПК-5 Владеть методами самостоятельного анализа имеющейся информации, практическими навыками и знаниями анализа и использования результатов экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов	С			ПЗ

УО - устный опрос; ТВ - теоретический вопрос; С - семинар; ПЗ - практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Устный опрос - средство контроля, организованное для выяснения объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Семинар - вид обучения, который строится на основе обсуждения заранее известной темы, позволяющее диагностировать умения интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения, вести диалог терминами дисциплины.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля. Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей **знаний, умений и владений** дисциплинарных частей компетенций проводится в форме устного опроса и выступлению на семинаре.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений при устном опросе

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

Критерии оценивания выступления на семинаре

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант успешно выступил с докладом, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в изложенном материале, свободно отвечает на заданные вопросы, ведет диалог с коллегами и преподавателем.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

2.2 Итоговая аттестация

Допуск к итоговой аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Аттестация проводится в виде зачета по дисциплине в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретический вопрос (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций (Приложение 1).

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил практическое задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал отличные или сопровождающиеся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Не зачтено</i>	При собеседовании с преподавателем аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении практического задания аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках учебного процесса. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все

дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины. Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «не зачтено».

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Не зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «не зачтено»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. Уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. Степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. Приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Типовые вопросы для текущего контроля по дисциплине:

1. Что характеризует спин электрона?
2. Чему соответствует в гамильтониане Гейзенберга $H = -\sum_j S_j S_j$ положительный знак обменного интеграла?
3. По какой траектории заставляет двигаться заряженную частицу, влетающую под произвольным углом в область однородного магнитного поля, сила Лоренца?
4. Чему равна величина проекции напряжённости поля на ось соленоида на его торце по закону Био-Савара-Лапласа?

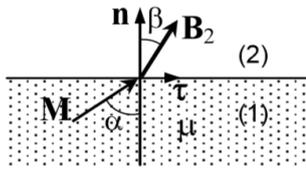
5. Назовите единицу измерения индукции магнитного поля?
6. Дать определение ферромагнетикам?
7. Из-за чего с уменьшением размера частицы ферромагнетика переходят в однородно намагниченное (однодоменное) состояние?
8. Суперпарамагнетизм это?
9. В каком состоянии находятся микрочастицы ферромагнетика, составляющие твёрдую фазу магнитореологического эластомера состава силиконовый каучук / карбонильное железо, в отсутствие приложенного поля?
10. Что описывает квазиравновесная феррогидродинамика?
11. За счёт чего циклическое перемагничивание магнитореологического эластомера состава силиконовый каучук/карбонильное железо в квазистатических условиях преимущественно даёт петлевую диаграмму намагниченности.
12. Сформулируйте эмпирический закон намагничивания Фрелиха-Кеннелли использует для характеристики магнитомягкого ферромагнетика?
13. Назовите основные положения простого континуального описания магнитореологического полимера?
14. Решается задача о деформации образца магнитореологического полимера, имеющего форму эллипсоида вращения, помещённого в поле, направленное вдоль главной оси эллипсоида. Что предскажет решение, если учитывать только макроскопическую (нелокальную) составляющую магнитострикционного эффекта.
15. Чем обусловлен эффект индуцированной пластичности (магнитная память формы) высоконаполненных магнитореологических эластомеров?

4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Диполь-дипольное взаимодействие магнитных частиц, потенциальная энергия и межчастичные силы.
2. Макроскопическая теория ферромагнетиков.
3. Магнитомягкие и магнитожёсткие материалы. Доменная структура.
4. Неоднородное взаимное намагничивание частиц.
5. Случай линейного намагничивания. Расчёт межчастичных сил.
6. Общая классификация магнитных нанокомпозитов.
7. Основы магнитомеханики эластомерных композитов и феррогелей.
8. Мягкие магнитные эластомеры (ММЭ). Тензоры упругих напряжений и напряжений Максвелла.
9. Вывод системы уравнений магнитоупругости для статического случая.
10. Пондеромоторные силы в ММЭ в однородном поле.
11. Понятие о межчастичном механизме дипольной магнитострикции.
12. Дипольная магнитострикция в образцах ММЭ с «газообразным» распределением частиц при наличии сильных парных корреляций.
13. Учёт мезоскопических эффектов в континуальной модели.
14. Свойства ММЭ с высокой концентрацией наполнителя.
15. Эффект индуцированной пластичности, внутреннее трение как его главная причина.
16. Структурная схема для описания индуцированной пластичности в адиабатическом приближении. Роль релаксационных явлений.

4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Бесконечный плоский слой парамагнетика с магнитной проницаемостью μ граничит с вакуумом. Вектор намагниченности \mathbf{M} имеет величину M и образует угол α с нормалью к поверхности. Найти модуль B вектора магнитной индукции \mathbf{B} снаружи у поверхности и угол β , образуемый им с нормалью.

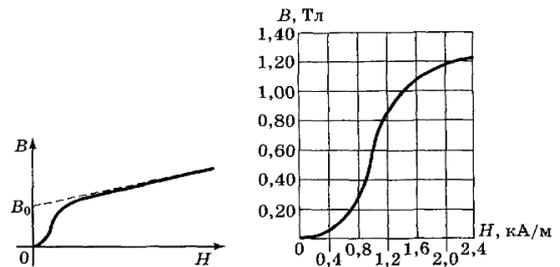


2. Длинный тонкий вертикально расположенный соленоид, намотанный на тонкостенную немагнитную трубку с плотностью намотки n (витков/м), погружен одним концом в парамагнитную жидкость с плотностью ρ . После включения тока I жидкость в трубке поднялась на высоту h . Найти магнитную проницаемость жидкости. Капиллярными эффектами пренебречь.

3. Найти относительное растяжение сферы радиуса r из ММЭ в однородном поле в зависимости от направления вектора намагниченности.

4. Доказать влияние ближнего пространственного порядка частиц на магнитострикцию.

5. Кривая намагничивания асимптотически приближается к прямой. Дайте определение величине B_0 . Определить из графика $B(H)$ значения индукции и напряженности магнитного поля соответствующие максимуму магнитной проницаемости μ .



6. Магнитодиэлектрик выполнен из порошков никелево-цинкового феррита и полистирола с объёмным содержанием магнитного материала $\alpha=0.1$. Определить магнитную μ_a и диэлектрическую ϵ_m проницаемости магнитного наполнителя, при следующих параметрах магнитодиэлектрика: $\mu = 1.821$, $\epsilon = 3.3$ и $\epsilon_d = 2.5$.

7. В магнитном поле с индукцией $2 \cdot 10^{-5}$ Тл помещен шарик из висмута ($\chi = -1.76 \cdot 10^{-4}$) радиусом 5 мм. Определить магнитный момент шарика и его направление.

8. В соответствии с законом Кюри магнитная восприимчивость парамагнитного вещества обратно пропорциональна его абсолютной температуре. Для некоторого парамагнетика магнитная восприимчивость определена при 0°C . Определить, как должна измениться температура, чтобы магнитная восприимчивость возросла на 10%.

4.4 Перечень тем семинаров

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

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

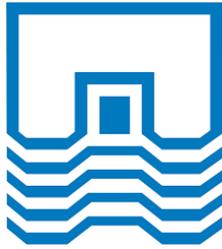
3. Силы, действующие на ММЭ в неоднородном магнитном поле.

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

5. Экспериментальное измерение магнитострикции: методы, материалы, материальные параметры, характерные диапазоны полей измерения, нагрузок, времён.

6. Структурные схемы макроскопической реологии: тела Кельвина, Томсона, комбинированные схемы.

7. Уравнения движения ММЭ в континуальном приближении. Учёт внутренней вязкости в тензоре напряжений и её зависимости от приложенного поля.



Институт механики сплошных сред Уральского
отделения Российской академии наук" - филиал
ФГБУН Пермский федеральный
исследовательский центр УрО РАН

Направление подготовки
01.06.01 «Математика и механика»
*Профили аспирантуры «Механика деформируемого
твёрдого тела», «Механика жидкости и газа»*

Дисциплина
«Физика вязкоупругих магнитных материалов»

БИЛЕТ №1

1. Диполь-дипольное взаимодействие магнитных частиц, потенциальная энергия и межчастичные силы. (*контроль знаний*).
2. Докажите влияние ближнего пространственного порядка частиц на магнитострикцию. (*контроль умений и навыков*).

Преподаватель

(подпись)

Ю.Л. Райхер

« »

20_ г.