



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)



СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

(подпись)

Патрушева О.В.

(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента ядерных технологий

(подпись)

Тананаев И.Г.

(ФИО.)

«20» декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Современные магнитные материалы

Направление подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Материаловедение и управление свойствами материалов

(совместно с МИФИ)

Форма подготовки очная

курс 4 семестр 8

лекции 26 час.

практические занятия 00 час.

лабораторные работы 26 час.

всего часов аудиторной нагрузки 52 час.

самостоятельная работа 128 час.

в том числе на подготовку к экзамену 27 час

зачет не предусмотрен

экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 22.03.01 **Материаловедение и технологии материалов** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 02 июня 2020 г. № 701.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики Институт Институт наукоёмких технологий и передовых материалов протокол № 3 от « 29 » ноября 2021 г.

Директор Департамента
общей и экспериментальной физики к.х.н., доцент Короченцев В.В.

Составитель (ли): к.ф.-м.н., Давыденко А.В.

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий *кафедрой* _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий *кафедрой* _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий *кафедрой* _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании *кафедры*:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий *кафедрой* _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

I. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель: изучение основ физики магнитных явлений, магнитных материалов, тонкопленочных систем и магнитных наночастиц.

Задачи:

- изучение свойств диа-, пара-, ферро-, ферри- и антиферромагнетиков;
- изучение различных систем магнитных материалов;
- рассмотрение базовых глав магнетизма;
- получение умений работы на лабораторном оборудовании, предназначенном для измерений магнитных свойств образцов.

Для успешного изучения дисциплины «Современные магнитные материалы» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК 1.1 - Использует базовые знания в области математики, физики, химии, инженерных дисциплин при планировании работ.
- ОПК 4.1 - Проводит стандартные изменения и испытания согласно методике и технической документации.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
научно-исследовательский	ПК-1	ПК -1.1 Готов проводить исследования структуры и свойств новых материалов, перспективных для использования
		ПК -1.3 Применяет знание закономерностей физических и химических процессов для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик
технологический	ПК -4	ПК -4.1 Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК -1.1 готов проводить исследования структуры и свойств новых материалов, перспективных для использования	Знает физические законы, описывающие поведение магнитных материалов в магнитных полях
	Умеет определять тип магнитного материала по данным, полученным с использованием экспериментального оборудования
	Владеет навыками работы на измерительном оборудовании по исследованию магнитных свойств материалов
ПК -1.3 Применяет знание закономерностей физических и химических процессов для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик	Знает различные методы изготовления магнитных систем и материалов
	Умеет получать магнитные материалы, как с помощью химического синтеза, так и с помощью физического осаждения тонких магнитных пленок
	Владеет навыками работы с вакуумными системами, вакуумными источниками, электроосаждением, вакуумными печами, установками химического синтеза
ПК -4.1 Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства получаемых магнитных систем и материалов
	Умеет работать с научной в том числе зарубежной литературой, искать информацию в учебной литературе, читать научные статьи
	Владеет навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов, чтобы они демонстрировали требуемые магнитные свойства

II. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц (180 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации	
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		Контроль
1	Введение в магнетизм	8	5	5			21	5	УО-1, ПР-6
2	Магнитные материалы		8	8			20	7	УО-1, ПР-6
3	Магнитная анизотропия		3	3			20	5	УО-1, ПР-6
4	Механизмы перемагничивания и доменные границы		4	4			20	5	УО-1, ПР-6
5	Магнитные системы		6	6			20	5	УО-1, ПР-6
	Итого:		26	26			101	27	

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Введение в магнетизм. 5 час.

Тема 1. 2 час. Основные физические магнитные величины в системе СИ.

Основные физические величины, поля, используемые в магнетизме. Влияние конечных размеров магнитных тел на их свойства.

Тема 2. 2 час. Основные физические магнитные величины в системе СГС.

Системы единиц СИ и СГС, их сравнение, установление формулы перехода между системами.

Тема 3. 1 час. Поле размагничивания. Фактор размагничивания

Поле размагничивания. Фактор размагничивания. Влияние конечных размеров магнитных тел на их свойства.

Раздел 2. Магнитные материалы 8 час.

Тема 1. 1 час. Диамагнетизм.

Основы физики диамагнетиков.

Тема 2. 2 час. Парамагнетизм.

Классическая и квантовая теории. Основы физики парамагнетиков.

Тема 3. 2 час. Ферромагнетизм.

Теория молекулярного поля. Зонная теория ферромагнетизма. Ферромагнитные материалы.

Тема 4. 1,5 час. Антиферромагнетизм.

Антиферромагнетики с двумя подрешетками. Свойства антиферромагнетиков.

Тема 5. 1,5 час. Ферримагнетизм.

Основные положения. Свойства ферримагнетиков.

Раздел 3. Магнитная анизотропия 3 час.

Тема 1. 1 час. Кубическая и одноосные объемные магнитные анизотропии.

Тема 2. 1 час. Анизотропия формы, наведенные анизотропии.

Тема 3. 1 час. Перпендикулярная магнитная анизотропия.

Раздел 4. Механизмы перемагничивания и доменные границы 4 час.

Тема 1. 2 час. Домены и доменные границы.

Типы доменных границ. Энергия и толщина доменных границ. Процессы перемагничивания объемных материалов.

Тема 2. 1 час. Модель Стонера-Вольфартца.

Тема 3. 1 час. Движение и закрепление доменных границ.

Движение доменных грани. Закрепление доменных границ. Влияние дефектов на магнитные свойства материалов.

Раздел 5. Магнитные системы 6 час.

Тема 1. 1 час. Магнетизм тонких магнитных пленок и суперрешеток.

Процессы перемагничивания тонких магнитных пленок, многослойных пленок. суперрешеток, микро и наночастиц.

Тема 2. 2 час. Микромагнетизм отдельных магнитных частиц.

Процессы перемагничивания различных магнитных систем: наноструктурированных материалов.

Тема 3. 2 час. Однодоменные частицы, модели их перемагничивания.

Процессы перемагничивания суперрешеток, микро и наночастиц.

Тема 4. 1 час. Изобретения в физике магнитных явлений.

Важнейшие изобретения в физике магнитных явлений за последние двадцать лет. Дальнейшие перспективы развития данной области.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (26 час.)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. 8 час. Изучение перпендикулярной магнитной анизотропии серии тонкопленочных образцов в зависимости от толщины магнитного слоя Co с помощью вибромагнитометра.

Примеры заданий лабораторной работы:

- Измерить петли магнитного гистерезиса в серии образцов Ru/Co/Ru с разной толщиной слоев Co. Измерить петли при ориентации магнитного поля параллельно и перпендикулярно плоскости тонких магнитных пленок.
- Построить семейство петель магнитного гистерезиса, нормированных на величину магнитного момента насыщения ($m/m_s(H)$), в каждой из ориентаций магнитного поля. В каждое семейство петель должны входить петли магнитного гистерезиса, измеренные от образцов с разной толщиной магнитного слоя Co.
- По полученным петлям определить коэрцитивную силу, магнитный момент насыщения, остаточный магнитный момент.
- Построить зависимости измеренных величин от толщины Co и объяснить их поведение.
- Определить площадь исследуемых образцов с помощью смартфона и миллиметровой бумаги.
- Построить график зависимости магнитного момента, отнесенного к единице площади, от толщины Co. По полученному графику определить среднюю намагниченность насыщения и толщину магнитомертвого слоя.
- Построить график зависимости намагниченности насыщения от толщины Co.
- По полученным петлям с учетом рассчитанного среднего значения намагниченности насыщения определить эффективную перпендикулярную магнитную анизотропию.
- Построить график зависимости $K_{эфф} \times d_{Co}(d_{Co})$. По нему определить вклад поверхностной и объемной анизотропии в области малых толщин (восходящий участок кривой $K_{эфф} \times d_{Co}$) и больших толщин (линейный нисходящий участок кривой $K_{эфф} \times d_{Co}$). Сравнить объемную анизотропию в области больших толщин с анизотропией формы. Сделать выводы о природе ПМА в данной системе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. 6 час. Изучение однородности магнитных параметров тонкопленочного образца с помощью магнитометра, основанного на магнитооптическом эффекте Керра.

Примеры заданий лабораторной работы:

- В каждом образце из серии измерить петли магнитного гистерезиса по всей площади образца с шагом 0,5 мм.

- Обработать петли магнитного гистерезиса с помощью программы LxPro и построить их.

- Обработать петли программой Kerr loop Analysis и построить пространственное распределение коэрцитивной силы

- Проанализировать полученные результаты и объяснить неоднородное распределение магнитных свойств.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. 6 час. Изучение магнитной структуры магнитной фольги с помощью Керр-микроскопа.

Примеры заданий лабораторной работы:

- В каждом образце из серии измерить изображения магнитного контраста при ориентации магнитного поля вдоль и поперек направления прокатки.

- Обработать изображения с помощью программы Image J. Построить статистическое распределение доменов по размерам в зависимости от величины внешнего магнитного поля.

- Измерить петли магнитного гистерезиса для каждого образца при ориентации магнитного поля вдоль и поперек направления прокатки, пользуясь анализом контраста в выбранной области интереса (Region Of Interest).

- Проанализировать полученные результаты и объяснить неоднородную магнитную структуру образцов, ее зависимость от внешнего магнитного поля и его ориентации относительно направления прокатки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. 6 час. Исследование температурной зависимости намагниченности насыщения неизвестного магнитного материала.

Примеры заданий лабораторной работы:

- Собрать температурную приставку для вибромагнитометра.

- Установить образец в держатель вибромагнитометра.

- Подать магнитное поле 10 кЭ на образец.

- Включить охлаждение и провести измерение магнитного момента насыщения от температуры.

- Пересчитать значения магнитного момента в намагниченность, измерив приблизительный объем образца.

- По форме полученной зависимости определить тип материала.

5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- рекомендации по самостоятельной работе студентов;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Дата/сроки выполнения	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	Подготовка к лабораторной работе №1, изучение теории, обработка полученных данных, составление отчета, анализ результатов	1-5 недели семестра	8 час.	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)
2	Подготовка к лабораторной работе №2, изучение теории, обработка полученных данных, составление отчета, анализ результатов	6-9 недели семестра	6 час.	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)
3	Подготовка к лабораторной работе №3, изучение теории, обработка полученных данных, составление отчета, анализ результатов	10-14 недели семестра	6 час.	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)
4	Подготовка к лабораторной работе №4, изучение теории, обработка полученных данных, составление отчета, анализ результатов	15-18 недели семестра	6 час.	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить конспект лекционного материала, соответствующий теме каждого лабораторного занятия и, при необходимости, рассмотреть и детализировать отдельные интересующие или вызывающие затруднения моменты с помощью рекомендуемой литературы. Перед лабораторной работой нужно прочитать методические указания по выполнению лабораторной работы, ознакомиться с устройством лабораторного прибора. После выполнения лабораторной работы нужно систематизировать результаты, обработать их с помощью программных пакетов по обработке данных и построению графиков. Составить отчет, который должен включать в себя краткое описание лабораторной установки, полученные результаты, обработанные результаты согласно заданиям в методическом пособии, выводы. После подготовки отчета необходимо его защитить, при этом ответив на контрольные вопросы, указанные в методическом пособии к лабораторным работам.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Результаты самостоятельной работы отражаются в ходе защиты отчетов по лабораторным работам. Если после лабораторной работы задается домашнее задание по определению того или иного физического параметра, то оно должно быть оформлено в электронном виде в виде отчета и защищено. К представлению и оформлению отчетов по лабораторным работам предъявляются следующие требования.

Структура отчета по лабораторной работе

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист*– обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);

✓ *Исходные данные к выполнению заданий*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

✓ *Основная часть*– материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

✓ *Выводы*– обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

✓ *Список литературы*– обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

✓ *Приложения*– необязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

Оформление отчета по лабораторной работе

Лабораторная работа относится к категории *«письменная работа»*, оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – TimesNewRoman;
- ✓ размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы -левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- ✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- ✓ режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценивание отчета по лабораторным работам проводится по критериям:

- полнота и качество выполненных заданий;
- владение методами и приемами компьютерного моделирования в исследуемых вопросах, применение специализированных программных средств;
- качество оформления отчета, использование правил и стандартов оформления текстовых и электронных документов;
- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников сети Интернет, информации нормативно-правового характера и передовой практики;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

Оценивание теоретических знаний и защита отчета проводится по критериям:

- полнота и качество ответов на теоретические вопросы;
- отсутствие логических ошибок, связанных с пониманием материала;
- отсутствие ошибок в формулах, выражениях, характеризующих рассматриваемый процесс, явление;
- отсутствие значительных ошибок в приводимых количественных характеристиках приборов и материалов.

6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1-2	ПК -1.1 готов проводить исследования структуры и свойств новых материалов, перспективных для использования	Знает физические законы, описывающие поведение магнитных материалов в магнитных полях	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)	Экзамен, вопросы 1-8
			Умеет определять тип магнитного материала по данным, полученным с использованием экспериментального оборудования		
			Владеет навыками работы на измерительном оборудовании по исследованию магнитных свойств материалов		
2	Раздел 3-4	ПК -1.3 Применяет знание закономерностей физических и химических процессов для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик	Знает различные методы изготовления магнитных систем и материалов	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)	Экзамен, вопросы 9-16
			Умеет получать магнитные материалы, как с помощью химического синтеза, так и с помощью физического осаждения тонких магнитных пленок		
			Владеет навыками работы с вакуумными системами, вакуумными источниками, электроосаждением, вакуумными печами, установками химического синтеза		

3	Раздел 5	ПК -4.1 Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства получаемых магнитных систем и материалов	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)	Экзамен, вопросы 17-26
			Умеет работать с научной в том числе зарубежной литературой, искать информацию в учебной литературе, читать научные статьи		
			Владеет навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов, чтобы они демонстрировали требуемые магнитные свойства		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении

7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Драгунов В.П., Остертак Д.И. Микро- и наноэлектроника: Учебное пособие для ВУЗов — Новосибирск, НГТУ, 2012. — 38 с.
<http://www.iprbookshop.ru/45107.html>
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие / под общ. ред. Л.Н. Патрикеева. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 431 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:265078&theme=FEFU>
3. Волков Н.В. Физика магнитных явлений. Ферромагнетизм: Учебное пособие / Н.В. Волков. — Красноярск: изд-во СФУ, 2015. — 125 с.
<https://search.rsl.ru/ru/record/01008028682>
4. Бондаренко Г. Г., Кабанова Т. А., Рыбалко В. В. Материаловедение — М.: Юрайт, 2012. — 360 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:670440&theme=FEFU>
5. Борисенко В.Е. Спинтроника : учебное пособие / Борисенко В.Е., Данилюк А.Л., Мигас Д.Б.. — Москва : Лаборатория знаний, 2017. — 230 с. — ISBN 978-5-00101-538-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/88493.html>

Дополнительная литература

1. Воротынцев В.М. Скупов В.Д. Базовые технологии микро- и наноэлектроники: учебное пособие / М.: Проспект, 2018. — 520 с.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469679>
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.В. Савельев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 352 с.
<https://e.lanbook.com/book/705>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

«Интернет»

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Журнал «Наука и жизнь» <https://www.nkj.ru>
4. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>

5. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>

6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».

7. www.iqlib.ru - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия www.affp.mics.msu.su

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

1. Программный пакет для набора текста Microsoft office 2016 и новее.
2. Программа для анализа доменной структуры Gwyddion версии 2.5 и выше. Распространяется свободно.
3. Программный пакет Microsoft Excel 2016 и новее или программы с аналогичным функционалом, позволяющие строить графики и таблицы, анализировать полученные данные.

8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить теоретические и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Практические занятия акцентированы на принципиальных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

При подготовке к практическому занятию необходимо сначала ознакомиться с материалом лекции, а затем с материалами из основной и дополнительной литературы. Выучить основной теоретический материал по теме (по материалам лекций и основной литературы).

При работе с литературой необходимо внимательно изучать разделы, соответствующие теме занятия, при поиске информации в электронных системах необходимо правильно сформулировать поисковый запрос, лучше

использовать несколько вариантов запроса для расширения возможности поиска информации в сети интернет. Использовать можно только информацию с официальных тематических сайтов или сайтов организаций.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о.Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 25) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 320. Лаборатория пленочных технологий ДВФУ	Вибрационный магнитометр Lakeshore 7400, оптический магнитометр Nanomeke2, Керр-микроскоп Evico Magnetics	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы на лабораторных установках, Gwyddion – свободно распространяемое программное обеспечение для обработки графических изображений

<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1042. Аудитория для самостоятельной работы</p>	<p>Моноблок Lenovo C360G- i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing- Arm PC edition; Маркер- диктофон Touch Мемо цифровой; Устройство портативное для чтения плоскопечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing- Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой.</p>	<p>Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА- 261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
--	--	--

X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств представлены в приложении.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)
ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине «Современные магнитные материалы»
Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
профиль «Материаловедение и управление свойствами материалов (совместно с МИФИ)»

Форма подготовки очная

Владивосток
2022

Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1-2	ПК -1.1 готов проводить исследования структуры и свойств новых материалов, перспективных для использования	Знает физические законы, описывающие поведение магнитных материалов в магнитных полях	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)	Экзамен, вопросы 1-8
			Умеет определять тип магнитного материала по данным, полученным с использованием экспериментального оборудования		
			Владеет навыками работы на измерительном оборудовании по исследованию магнитных свойств материалов		
2	Раздел 3-4	ПК -1.3 Применяет знание закономерностей физических и химических процессов для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик	Знает различные методы изготовления магнитных систем и материалов	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)	Экзамен, вопросы 9-16
			Умеет получать магнитные материалы, как с помощью химического синтеза, так и с помощью физического осаждения тонких магнитных пленок		
			Владеет навыками работы с вакуумными системами, вакуумными источниками, электроосаждением, вакуумными печами, установками химического синтеза		

3	Раздел 5	ПК -4.1 Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности	Знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства получаемых магнитных систем и материалов	ПР-6 (лабораторная работа) УО-1 (собеседование)	Экзамен, вопросы 17-24
			Умеет работать с научной в том числе зарубежной литературой, искать информацию в учебной литературе, читать научные статьи		
			Владеет навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов, чтобы они демонстрировали требуемые магнитные свойства		

Оценочные средства для текущего контроля

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущий контроль проводится по следующим оценочным средствам:

- Лабораторные работы (ПР-6).
- Собеседование (УО-1).

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Письменные работы

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторная работа (ПР-6) – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Пример заданий для оценки выполнения лабораторной работы

- Вычтите фон из полученных петель магнитного гистерезиса. Выровняйте петли, так чтобы после технического насыщения магнитный сигнал оставался постоянным. Рассчитайте кривую намагничивания для петель, измеренных вдоль трудной оси. Сохраните полученные данные.

- Импортируйте текстовые файлы с данными после обработки программой GMW в графический редактор Origin или аналогичный.

- Постройте петли магнитного гистерезиса. На первом графике постройте петли магнитного гистерезиса для ориентации магнитного поля в плоскости пленок, на втором графике – для ориентации магнитного поля перпендикулярно плоскости пленок. Кроме того, постройте петли магнитного

гистерезиса, нормированные на величину магнитного момента насыщения так же на двух графиках в зависимости от ориентации магнитного поля.

- По полученным петлям определите коэрцитивную силу, магнитный момент насыщения, остаточный магнитный момент, постройте зависимости этих величин от толщины слоя C_0 .

- С помощью миллиметровой бумаги и камеры смартфона определите приблизительную площадь образцов. Для этого сфотографируйте их на миллиметровой бумаге. Полученные фотографии импортируйте в программу, которая может измерять расстояния (Gwyddion, ImageJ, Photoshop, и т.д.). Измерьте длину и ширину пленок на образцах и рассчитайте площадь пленок.

- Определите магнитный момент на единицу площади m/S для каждого из образцов и постройте зависимость данной величины от толщины слоя C_0 для обеих ориентаций магнитного поля относительно образца. По графикам m/S определите толщину магнитомертвого слоя при магнитном поле, параллельном и перпендикулярном плоскости образца. Для этого постройте линейную аппроксимацию полученных точек в области, где она возможна, и найдите пересечение линейной аппроксимации с осью толщин C_0 . Наклон линейной аппроксимации укажет среднюю намагниченность в системе. Объясните полученные результаты. Рассчитайте среднее значение толщины магнитомертвого слоя C_0 , используя два значения, полученных при анализе данных для разных ориентаций магнитного поля относительно образца.

- Зная толщину C_0 и m/S , определите намагниченность насыщения в каждом образце и постройте зависимость намагниченности насыщения от толщины C_0 . Объясните полученный результат.

- По полученным петлям магнитного гистерезиса и кривым намагничивания с учетом рассчитанного значения намагниченности насыщения определите величину эффективной магнитной анизотропии. Для

этого найдите интеграл $\int_0^{M_s} \mu_0 H dM$. Это легче всего сделать численно с

помощью программы Origin. Проинтегрируйте кривую намагничивания по

полям $\int_0^{H_s} \mu_0 M dH$ и вычтите полученный результат из площади прямоугольника

$\mu_0 H_s M_s$. H_s и M_s – поле и намагниченность насыщения соответственно.

- Постройте график зависимости $K_{\text{эфф}} \times d_{C_0}(d_{C_0})$. По нему определите вклад поверхностной и объемной анизотропии в области малых толщин (восходящий участок кривой $K_{\text{эфф}} \times d_{C_0}$) и больших толщин (линейный нисходящий участок кривой $K_{\text{эфф}} \times d_{C_0}$). Для этого сделайте линейный фитинг этих участков и по наклону линейной функции и пересечению с осью ординат

определите объемный и поверхностный вклады соответственно. Сравните объемную анизотропию в области больших толщин с анизотропией формы. Сделайте выводы о природе перпендикулярной магнитной анизотропии в данной системе.

Критерии оценки выполнения лабораторной работы

Оценка	Описание схемы оценивания
«Отлично»	Все данные измерены. Все графики построены. Все задания выполнены. Все выводы правильные. Студент полностью понимает теорию исследуемых явлений.
«Хорошо»	Все данные измерены. Все графики построены. Все задания выполнены. Присутствуют незначительные ошибки в оформлении. Выводы в целом правильные, студент может объяснить некоторые результаты, путается в ответах на вопросы и теории исследуемых явлений.
«Удовлетворительно»	Все данные измерены. Все графики построены. Все задания выполнены. Присутствуют ошибки в оформлении. Часть выводов не правильная или отсутствует. Студент не может объяснить полностью полученные результаты.
«Неудовлетворительно»	Не хватает части данных. Не полностью выполнены задания. Не хватает выводов и анализа данных по каждому пункту заданий

Пример вопросов на собеседовании

1. Что такое коэрцитивная сила, остаточная намагниченность, намагниченность насыщения?

2. Нарисуйте кривую Слэтера, объясните ее с точки зрения теории ферромагнетизма.

3. Схематически нарисуйте петли магнитного гистерезиса для одноосного кристалла, перемагничиваемого вдоль легкой и трудной осей намагничивания.

4. Запишите выражение энергии эффективной магнитной анизотропии для тонкой пленки $\text{Co}(0001)$ гпу структуры с интерфейсной перпендикулярной магнитной анизотропией K_s .

5. Объясните принцип работы вибрационного магнитометра.

6. Как отличить ферромагнитный материал от парамагнитного, если в диапазоне доступных полей петля магнитного гистерезиса в том и в другом случае представляет собой прямую линию с положительным наклоном?

7. Почему для некоторых ферромагнитных тонких пленок, осажденных на кремниевые подложки, наблюдаются петли магнитного гистерезиса с

отрицательным наклоном в области высоких положительных магнитных полей.

8. Как рассчитать поле и энергию магнитной анизотропии по методу площадей?

9. Что такое магнитомертвый слой в тонких магнитных пленках и какой эксперимент нужно провести, чтобы определить его толщину?

Критерии оценки собеседования

Оценка	Описание схемы оценивания
«Отлично»	Показывает глубокое и прочное усвоение материала раздела. Полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы. Демонстрация обучающимся знаний в объеме рекомендованной и дополнительной литературы. Учебный материал воспроизводится с требуемой степенью точности.
«Хорошо»	Наличие в ответе несущественных ошибок, уверенно исправляемых после дополнительных и наводящих вопросов. Демонстрация обучающимся знаний в объеме пройденной программы; чёткое изложение изученного материала.
«Удовлетворительно»	Наличие несущественных ошибок в ответе, не исправляемых обучающимся. Демонстрация недостаточно полных знаний по пройденной программе, неструктурированное, нестройное изложение учебного материала при ответе.
«Неудовлетворительно»	Демонстрирует непонимание проблемы, незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Современные магнитные материалы» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (8-й, весенний семестр).

Методические указания по сдаче экзамена

Зачет принимается ведущим преподавателем.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Шкала оценивания промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК -1.1 готов проводить исследования структуры и свойств новых материалов, перспективных для использования	Знает физические законы, описывающие поведение магнитных материалов в магнитных полях	Незнание базовой терминологии, основных понятий и законов магнетизма	Знает базовую терминологию, основные понятия и законы магнетизма, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.	Знает базовую терминологию, основные понятия и законы магнетизма, но допущены 2-3 несущественные ошибки.	Знает базовую терминологию, основные понятия и магнетизма.
	Умеет определять тип магнитного материала по данным, полученным с использованием экспериментального оборудования	Не умеет определять тип магнитного материала по экспериментальным данным	Умеет отнести материал к базовой категории магнитных материалов	Умеет отнести материал к базовой категории магнитных материалов и определить наличие магнитной анизотропии	Умеет отнести материал к базовой категории магнитных материалов, определить наличие магнитной анизотропии и требуемые магнитные характеристики образца.
	Владеет навыками работы на измерительном оборудовании по исследованию магнитных свойств материалов	Не владеет навыками работы на измерительном оборудовании по исследованию магнитных свойств материалов	Может провести измерение под строгим руководством	Может провести измерение, руководствуясь методическим пособием и изредка спрашивая совет	Может провести измерение самостоятельно без вмешательства преподавателя, руководствуясь только методическим пособием
ПК -1.3 Применяет знание закономерностей физических и химических процессов для участия в разработке новых конструкционных и	Знает различные методы изготовления магнитных систем и материалов	Не знает ни одного метода изготовления магнитных систем и материалов	Знает основные методы изготовления магнитных систем и материалов, но затрудняется объяснить их	Знает основные методы изготовления магнитных систем и материалов, при объяснении некоторых методов допускает	Знает основные методы изготовления магнитных систем и материалов и умеет объяснить их физические особенности

функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик	Умеет получать магнитные материалы, как с помощью химического синтеза, так и с помощью физического осаждения тонких магнитных пленок	Не может работать за экспериментальными установками по получению магнитных материалов	физические особенности	ошибки, не уверен в ответах	
	Владеет навыками работы с вакуумными системами, вакуумными источниками, электроосаждением, вакуумными печами, установками химического синтеза	Не владеет навыками работы с вакуумными системами, вакуумными источниками, электроосаждением, вакуумными печами, установками химического синтеза.	Владеет навыками работы с вакуумными системами, вакуумными источниками, электроосаждением, вакуумными печами, установками химического синтеза. Способен работать под строгим руководством	Может работать за экспериментальными установками по получению магнитных материалов под строгим руководством	Может работать за экспериментальными установками по получению магнитных материалов, руководствуясь методическим пособием и изредка спрашивая совет
ПК -4.1 Участвует в разработке рекомендации по составу, способам обработки и технологиям конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью	Знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства получаемых магнитных систем и материалов	Не знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства получаемых магнитных систем и материалов	Знает влияние некоторых структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства получаемых магнитных систем и	Знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства некоторых получаемых магнитных систем и материалов	Знает влияние различных структурных параметров, состава, наличия дефектов, границ раздела на магнитные свойства любых получаемых магнитных систем и материалов,

повышения их конкурентоспособности			материалов в общих чертах.		рассмотренных на лекциях
	Умеет работать с научной в том числе зарубежной литературой, искать информацию в учебной литературе, читать научные статьи	Не может найти нужную информацию по исследуемой системе	Может найти некоторую информацию об исследуемой системе, но этой информации не достаточно для полного описания системы	Может найти достаточную информацию об исследуемой системе	Может найти полную информацию об исследуемой системе
	Владеет навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов, чтобы они демонстрировали требуемые магнитные свойства	Не владеет навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов, чтобы они демонстрировали требуемые магнитные свойства	Владеет общими навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов. Материалы с предложенным составом потребуют дальнейшей оптимизации перед использованием	Владеет общими навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов. Материалы с предложенным составом потребуют некоторой оптимизации перед использованием	Владеет общими навыками подбора состава магнитного материала или системы материалов. Материалы с предложенным составом можно использовать..

Вопросы к экзамену

1. Намагниченность, магнитный момент кругового витка с током, магнитная индукция, магнитный поток, магнитная восприимчивость, виды магнетиков
2. Потенциальная энергия магнитного момента в магнитном поле, момент вращения, поле рамки с током, петля магнитного гистерезиса, коэрцитивная сила, намагниченность насыщения Магнитомеханические явления, орбитальные и спиновые механические и магнитные моменты электрона, гиромагнитное отношение, магнетон Бора, опыты Эйнштейна де Гааз
3. Поле размагничивания, коэффициенты размагничивания, частный случаи вытянутого эллипсоида (нанопроволока), сплюснутого эллипсоида (тонкая пленка), магнитные измерения в открытых магнитных цепях
4. Диамагнетизм, орбитальный магнитный момент, спиновый магнитный момент, магнетон Бора, Ларморова частота, диамагнитный момент
5. Классическая теория парамагнетизма. Магнитный момент атома. Намагничивание парамагнетика. Закон Кюри-Вейсса.
6. Квантовая теория парамагнетизма. Полный магнитный момент. G-фактор, эффективный магнитный момент, проекция эффективного магнитного момента на ось поля. Намагничивание парамагнетика. Закон Кюри-Вейсса Ферромагнетизм. Теория молекулярного поля. Закон Кюри-Вейсса
7. Намагничивание ферромагнетиков. Обменное взаимодействие. Кривая Слэтера. Зонная теория ферромагнетизма
8. Магнитная анизотропия. Магнитокристаллическая анизотропия в кубических кристаллах. Формула Акулова. Ферромагнетик с кубической симметрией во внешнем магнитном поле
9. Магнитная анизотропия в гексагональных кристаллах. Ферромагнетик с одноосной анизотропией во внешнем магнитном поле
10. Измерение магнитной анизотропии из кривых намагничивания, с помощью расчета и с помощью метода площадей
11. Анизотропия формы. Случаи нанопроволоки и тонкой пленки. Сложение двух одноосных анизотропий.
12. Перпендикулярная магнитная анизотропия. Поверхностная анизотропия. Эффективная анизотропия в тонких пленках с перпендикулярной магнитной анизотропией
13. Доменная структура ферромагнетиков. Разбиение на домены. Типы доменных границ

14. Полосовые домены с замкнутым и незамкнутым потоком
15. Цилиндрические магнитные домены. Пузырьковые домены.
16. Однодоменная частица. Модель Стонера-Вольфартца. Механизмы перемагничивания.
17. Наноточки. Массивы наноточек. Магнитные свойства. Механизмы перемагничивания.
18. Нанопроволоки и нанополоски. Магнитные свойства. Механизмы перемагничивания.
19. Массивы наноточек и нанопроволок.
20. Перспективы применения магнитных наночастиц в устройствах записи информации
21. Вибрационный магнитометр. Устройство, принципы работы.
22. Магнитометр на основе эффекта Керра. Устройство, принципы работы.
23. Микроскоп на основе эффекта Керра. Устройство, принципы работы.
24. Магнитно-силовой микроскоп. Устройство, принципы работы.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при решении задач.
0 -60	неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет решение задач. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.