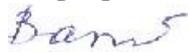


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено
на заседании кафедры
теоретической физики
протокол №5 от «17» марта 2021 г.
Зав. кафедрой



Вахитов Р.М.

Согласовано: Председатель
УМК физико - технического
института



(Балапанов М.Х.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ МАГНЕТИЗМА

Б1.В.ДВ.07.02

ПРОГРАММА БАКАЛАВРИАТА

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

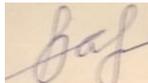
Направленность (профиль) подготовки / Специализация
Цифровые технологии в физике функциональных материалов

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Разработчик (составитель) д.ф.-м.н., проф. Гареева З.В.	 / Гареева З.В.
--	---

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021 г.

Составитель / составители: Гареева З.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики, протокол №5 от «17» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой  Вахитов Р.М.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
 - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
 - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

ПК-4. Способен планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ПК-4. Способен планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	ПК-4.1. Знать	Уметь применять современные методы теоретического исследования магнетизма конденсированных сред для расчета магнитной восприимчивости и намагниченности систем магнитных моментов.
		ПК-4.2. Уметь	Уметь анализировать квантовые процессы, квантовые переходы от одного состояния в другое, объяснять природу квантовых эффектов и явлений микромира.
		ПК-4.3. Владеть	Владеть понятийным и математическим аппаратом теории магнетизма.

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория магнетизма» относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре.

Данный курс предназначен для студентов направления 03.03.02 – Физика. Курс «Теория магнетизма» является одной из центральных дисциплин специализации студентов-физиков различных специальностей, в частности специальностей «Теоретическая физика», «Физика материаловедения». Она является основным курсом при рассмотрении широкого круга магнитных явлений и требует для своего изучения привлечения знаний студентов из различных разделов общей и теоретической физики, а также математики.

Задача изучения дисциплины «Теория магнетизма» заключается прежде всего в освоении понятий, теоретических и экспериментальных методов изучения магнитных явлений, а также современного математического аппарата, методов микромагнитного моделирования, применяемого при исследовании магнитных систем. Кроме того, она заключается в том чтобы развивать и совершенствовать у студентов навыки их практического пользования при описания магнитных явлений в конденсированных средах, выработать умение сознательно и безошибочно употреблять изучаемую терминологию, разбираться в основных уравнениях теории магнетизма и методах их анализа, тем самым поднимая уровень теоретического и практического владения излагаемыми вопросами, расширяя и укрепляя картину мировоззрения.

Для освоения данной дисциплины студенту необходимо освоить предварительно следующие дисциплины: общая физика: электричество, магнетизм, оптика, атомная и ядерная физика; теоретическая физика: квантовая механика, электродинамика, статистическая физика; математика: математический анализ, линейная алгебра, векторный и тензорный анализ, теория функций комплексного переменного, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения и вариационное исчисление, методы математической физики.

Дисциплина «Теория магнетизма» способствует овладению знаниями, умением и навыками, необходимыми для изучения дисциплин «Квантовая теория твердого тела», «Квантовая теория магнетизма», «Квантовая электродинамика», «Нелинейные волны», «Квантовая электроника», а также при проведении научно-исследовательской работы и, в частности, для выполнения выпускной квалификационной работы.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции:

ПК-4. Способен планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ПК-4.1. Знать	Знать математический аппарат для расчета основных свойств и характеристик магнитных материалов.	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.
ПК-4.2. Уметь	Уметь проводить анализ научно-технической информации, отечественной и зарубежной литературы по заданной тематике; проводить математическое моделирование базе стандартных пакетов микромагнитного моделирования; составлять и готовить отчеты, научные публикации, презентации.	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает небольшие трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
ПК-4.3. Владеть	Владеть навыками выполнения	Не способен работать с различ-	Способен работать с раз-	Владеет способностью работать	Владеет навыками

экспериментов по заданной методике и обработке результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.	ными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	личными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач
---	---	--	--	--

Показатели сфорсированности компетенции:

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(*для экзамена*:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ПК-4.1. Знать	Знать физическую природу магнетизма, основные типы магнетиков; теоретические и экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел	Контрольная работа Тесты Решение задач на семинарских занятиях
ПК-4.2. Уметь	Уметь рассчитывать доменные структуры магнетиков	Контрольная работа Тесты Решение задач на семинарских занятиях
ПК-4.3. Владеть	Владеть методами описания механизмов электромагнитных взаимодействий; методами расчета статических и динамических свойств магнетиков с учетом микромагнитных неоднородностей	Контрольная работа Тесты Решение задач

Для контроля освоения компетенций при изучении дисциплины применяется балльно-рейтинговая система.

4.3 Рейтинг-план дисциплины приведен в приложении №2.

Ниже описаны предусмотренные рейтинг-планом оценочные средства, виды и процедуры контроля.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра.

За работу в семестре студент получает до 100 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за индивидуальные задания.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 70 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 60 до 69 баллов;
- неудовлетворительно – менее 60 баллов.

Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для рубежного и промежуточного контроля

1. Классификация магнитных материалов. Магнитные свойства диа – и парамагнетиков.
2. Магнитоупорядоченные кристаллы. Основные магнитные характеристики.
3. Кривая технического намагничивания. Процессы смещения доменных границ. Парапроцесс.
4. Магнитомягкие, магнитотвердые материалы.
5. Магнитный момент атома. Магнетон Бора. Гиромагнитное соотношение.
6. Основные виды энергии ферромагнетика. Причины разбиения ферромагнетика на домены.
7. Понятие доменной структуры: идея, определение, методы изучения.
8. Механизмы обменных взаимодействий в магнетиках.
9. Магнитостатическая энергия.
10. Магнитострикция. Эффект Вилари. Магнитоупругая энергия.
11. Расчет структуры 180-градусной Блоховской доменной стенки.
12. Расчет толщины и энергии доменной границы.
13. Неелевская доменная стенка.
14. Периодическая доменная структура. Применение качественной теории дифуравнений для исследования доменной структуры (метод фазового портрета).
15. Модель Широбокова. Модель Кацера.
16. Сегнетоэлектрики. Кристаллографические структуры сегнетоэлектриков. Доменная структура сегнетоэлектриков.
17. Модели поляризации сегнетоэлектриков. Пироэлектрики. Пьезоэлектрический эффект.
18. Магнитоэлектрические материалы. Условия, необходимые для реализации магнитоэлектрического эффекта.
19. Виды магнитоэлектрического эффекта. Энергии магнитоэлектрических взаимодействий.
20. Мультиферроики. Основные физические параметры. Типы мультиферроиков.
21. Топологические магнитные структуры. Солитоны, бризеры, кинки. Понятие топологического заряда
22. Спин-переориентационные переходы в ферромагнетиках.
23. Динамика намагниченности.
24. Основные задачи магнитодинамики. Динамика магнитных доменных границ.
25. Спиновые волны. Магноники.

Образец экзаменационного билета:

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Критерии оценки (в баллах):

(30 баллов)

Ответ на вопрос должен показать глубокие, прочные знания студента. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать современные данные науки. Студент должен устанавливать причинно-следственные связи, применять знания в новой ситуации. Студент должен продемонстрировать умение делать аргументированные выводы.

(20 баллов)

Ответ студента должен показать глубокие, прочные знания. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать данные со-

временной науки. Студенту необходимо устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов объективности и научности. В ответе допускаются отдельные несущественные неточности.

(10 баллов)

Ответ на вопросы должен показать знания поставленных вопросов. Необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, фактический материал, использовать данные современной науки. В ответе могут допускаться существенные ошибки и неточности.

(0 баллов)

Ответ на поставленные вопросы показывает незнание его содержания, основных понятий, терминов. Студент не умеет устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов научности и объективности, анализировать указанные источники. Ответ студента не соответствует вопросу, а также при отсутствии ответа и при отказе от ответа.

Преподаватель может поощрить студентов за участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, за активную работу на аудиторных занятиях, за публикации статей, за работу со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности в виде поощрительных баллов (до 10 баллов за семестр).

Зачетная контрольная работа.

Учебным планом по дисциплине «Теория магнетизма» для проверки уровня усвоения необходимых компетенций предусмотрена контрольная работа в 8-м семестре, которые имеют статус итоговой, зачетной контрольной работы по практическим занятиям (решение задач). Выполнение этой контрольной работы является обязательным условием допуска к экзамену. Контрольная работа содержит 5 задач, время выполнения 90 минут. Решение одной задачи оценивается в 20 баллов.

Пример варианта зачетной контрольной работы

1. Написать основное уравнение магнитодинамики
2. Определить характер движения магнитных моментов в магнитном поле
3. Основные параметры порядка антиферромагнетиков
4. Привести пример фазового перехода в магнетиках
5. Нарисовать фазовый портрет одноосного ферромагнетика,
 - 5.1. отметить на фазовом портрете особые линии и точки, траектории разного топологического типа
 - 5.2. определить возможные виды микромагнитных структур одноосного магнетика (по фазовому портрету)
6. Записать магнитомеханическое (гиромагнитное) отношение
7. Атомы каких химических элементов проявляют магнитные свойства
8. Гиромагнитные явления, пример
9. Спиновые волны (определение)
10. Основные характеристики солитона.
11. Релаксационное слагаемое в уравнении Ландау – Лифшица (одна из формул)
12. Условие применимости уравнения Тила.

Примерные темы рефератов

1. Магнетизм. История и современное состояние (понятие о магнетизме от древности до наших дней. Магнетизм и научно – технический прогресс).
2. Основные понятия физики магнитных явлений. История открытия магнитных эффектов. Магнитные параметры. Единицы измерения
3. Магнетизм атомов и ионов. Магнитный момент атома. Магнетон Бора. Магнетизм электронной системы. Гиромагнитное отношение.
4. Магнитные свойства диа – и парамагнетиков. Классическая и квантовая теория парамагнетизма. Диамагнетизм Ландау.
5. Магнитно-твердые материалы и области их применения. Магнитно-мягкие материалы и области их применения
6. Сверхпроводящие материалы. Диа- и парамагнетизм электронов проводимости. Магнитные свойства сверхпроводников.
7. Экспериментальные методы исследования магнитных структур. Магнитная нейтронография, Магнитная силовая микроскопия. Спектроскопия Мессбауэра, спектроскопия Рамана. Ядерный магнитный резонанс.
8. Экспериментальные методы исследования магнитных структур. Порошковый метод Биттнера. Оптические методы (эффект Фарадея, эффект Керра). Метод рентгеновского дихроизма.

9. Магнитооптические эффекты. Магнитооптические явления при прохождении света сквозь вещество. Эффект Фарадея, Кохта и Керра, магнитный круговой дихроизм. Магнитное линейное двупреломление и магнитный линейный дихроизм. Магнитооптические явления при отражении света от магнетиков.
10. Магнитные материалы и информационные технологии. Принципы работы вычислительной техники. Хранение информации. Магнитная запись информации.
11. Магнитные материалы и информационные технологии. Магнитные материалы для спинтроники. Квантовые вычисления
12. Устройства магнитной памяти нового поколения: MRAM, FRAM, VRAM.
13. Молекулы – магниты. Спиновые кластеры, мономолекулярные магниты (тороики).
14. Магнитные наночастицы. Переход анизотропного образца в однодоменное состояние при уменьшении размера. Однодоменные частицы, энергетические оценки размера однодоменности. Явление суперпарамагнетизма. Суперпарамагнитное поведение наночастиц.
15. Функциональные магнитные материалы. Магнитоэластомеры. Материалы с памятью формы. Материалы с магнитокалорическим эффектом (магнитные холодильники).
16. Метаматериалы – среды с необычными электромагнитными и оптическими свойствами. Линза Веселаго.
17. Магнитные материалы в медицине и биологии. Магниторецепция – чувствительность живых организмов к магнитному полю. Магнитная томография, СКВИДы.
18. Фотонные кристаллы. Основы фотоники и плазмоники.
19. Спиновые волны. Магنونика. Материалы для магنونики: магنونные кристаллы, квазикристаллы, фрактальные структуры.
20. Спин-поляризованный электронный транспорт. Гигантское магнитосопротивление. Туннельное магнитосопротивление. Модель Стонера – Вольфарта.
21. Спинтроника. Материалы для спинтроники. Принципы работы спинтронных устройств (спиновый вентиль, спиновые фильтры, спиновые транзисторы).
22. Топологические магнитные структуры. Солитоны, бризеры, кинки. Понятие топологического заряда.
23. Магнитные вихри, скирмионы. Области применения. Наноосцилляторы.
24. Фрустрированные магнитные структуры.
25. Спиновые стекла. Спиновый лед. Сперомагнетизм, аспреомагнетизм.
26. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые провода. Квантовые точки. Двумерный электронный газ
27. Топологические диэлектрики – материалы с необычными электронными свойствами
28. Сегнетоэлектрики. Кристаллографические структуры сегнетоэлектриков. Модели поляризации сегнетоэлектриков. Методы исследования сегнетокерамических материалов. Мультиферроики.
29. Магнитострикция. Эффект Виллари. Стрейнтроника.
30. Бозе-конденсаты. Проблема магнитного монополя.
31. Ферромагнитный резонанс. Области применения.
32. Динамика и трансформация вихрей в проводящих магнитах

Критерии оценивания задач зачетной контрольной работы:

16-20 баллов выставляется студенту, если представлено полное решение задачи, которое может содержать мелкие неточности или недостаточную аргументацию шагов решения;

11-15 баллов выставляется студенту, если при верном решении в общем виде допущена ошибка в числовых расчетах или при правильном ответе опущены некоторые промежуточные этапы решения или допущена принципиальная ошибка в исходных уравнениях;

6-10 баллов выставляется студенту, если отсутствует одно из необходимых исходных уравнений или допущена принципиальная ошибка в исходных уравнениях, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа

1-5 баллов выставляется студенту, если, верно, записана только часть необходимых исходных уравнений, при этом отсутствуют какие-либо математические преобразования, направленные на получение ответа, или они ошибочны.

0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе или когда решение не соответствует условию задачи

Критериями оценивания освоения компетенций служат баллы, полученные за выполнение зачетной контрольной работы. Каждое из пяти заданий оценивается в 20 баллов, максимальная суммарная оценка за контрольную работу -100 баллов.

Шкала перевода суммарного балла в двухуровневую оценку:

0-59 баллов – «не зачтено»

60-100 баллов – «зачтено».

Описание контрольной работы

Пример варианта контрольной работы:

1. Записать уравнения Эйлера - Лагранжа для функционала

$$F = A \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$$

$$F = A_1 \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + A_2 \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^4 + K_1 \sin^2 \theta$$

$$F = A \left(\left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + \sin^2 \theta \left(\frac{d\varphi}{dy} \right)^2 \right) + K_1 \sin^2 \theta \cos^2 \varphi$$

$$F = A \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta$$

$$F = A \left(\left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + \sin^2 \theta \left(\frac{d\varphi}{dy} \right)^2 \right) + K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta$$

2. Рассчитать ширину магнитной доменной границы магнетика с параметрами

а) $A=2 \cdot 10^{-6}$ erg/cm, $K=4 \cdot 10^5$ erg/cm³

б) $A=5 \cdot 10^{-7}$ erg/cm, $K=1.5 \cdot 10^4$ erg/cm³

в) $A=3 \cdot 10^{-5}$ erg/cm, $K=6 \cdot 10^5$ erg/cm³

3. Найти ориентацию оси легкого намагничивания (ОЛН) для магнетиков с магнитной анизотропией вида

$$F_{an} = K \sin^2 \theta,$$

$$F_{an} = K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta,$$

$$F_{an} = K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$$

$$F_{an} = K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta$$

4. Записать уравнение Ландау – Лифшица для M_z (M_y , M_x) компоненты вектора намагниченности
5. Рассчитать период полосовой доменной структуры
6. Эллиптические функции Якоби, основное свойство эллиптических функций.

Решение задач

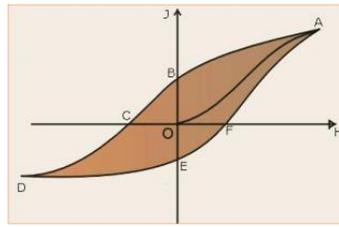
Критерии оценки (в баллах)

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	1 балл
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	0,5 баллов
Нет правильного ответа	0 баллов

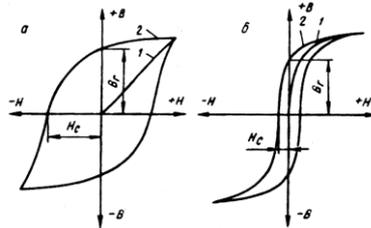
Примерные вопросы для тестирования

Тест

1. Определение намагниченности
2. Что показывает площадь петли гистерезиса?
3. Каким физическим величинам соответствуют буквы на рисунке
- а) A/ B/
б) E/ C
в) F/ D



4. Определить тип материала (магнитомягкий, магнитотвердый)



5. Привести основную классификация магнетиков

6. Определить тип магнитного упорядочения ($\chi < 0$)

7. Описать один из механизмов электрической поляризации диэлектриков

8. Дать определение температуры Кюри для сегнетоэлектриков

9. Сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики, пьезоэлектрики – расставить термины в порядке убывания общности

10. Основные параметры порядка мультиферроиков

11. Виды магнитоэлектрических материалов

12. Записать соотношения температур магнитного и сегнетоэлектрического упорядочений для мультиферроиков I типа/ мультиферроиков II типа

13. Схематическое изображение сегнетоэлектриков/ антисегнетоэлектриков/ сегнетиэлектриков

14. Виды энергии обменного взаимодействия

15. Найти ориентацию оси легкого намагничивания (ОЛН) для магнетиков с магнитной анизотропией вида

а) $F_{an} = K \sin^2 \theta$,

б) $F_{an} = K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^4 \theta$,

в) $F_{an} = K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$

16. Рассчитать магнитостатическую энергию доменных границ Нееля, доменных границ Блоха

17. Понятие доменной структуры: идея, определение, методы изучения

18. Записать уравнения Эйлера - Лагранжа для функционала

а) $F = A \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + K_1 \sin^2 \theta + K_2 \sin^2 \theta \cos^2 \theta$

б) $F = A_1 \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + A_2 \left(\frac{d\theta}{dy} \right)^4 + K_1 \sin^2 \theta$

в) $F = A \left[\left(\frac{d\theta}{dy} \right)^2 + \sin^2 \theta \left(\frac{d\varphi}{dy} \right)^2 \right] + K_1 \sin^2 \theta \cos^2 \varphi$

19. Рассчитать ширину магнитной доменной границы магнетика с параметрами

а) $A=2 \cdot 10^{-6}$ эрг/см, $K=4 \cdot 10^5$ эрг/см³

б) $A=5 \cdot 10^{-7}$ эрг/см, $K=1.5 \cdot 10^4$ эрг/см³

в) $A=3 \cdot 10^{-5}$ эрг/см, $K=6 \cdot 10^5$ эрг/см³

20. Найти энергию доменной границы Блоха, Нееля магнетика с параметрами п.19

21. Найти основное состояние одноосного магнетика.

Участие в конференциях, публикация статей

Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3

	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах		1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций		1 балл

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. С.В. Тябликов. Методы квантовой теории магнетизма М.: Наука, 1975 г.
2. А.И.Ахизер, В.Г.Барьяхтар, С.В.Пелетминский. Спиновые волны М.: Наука, 1967 г.
3. Е.А. Туров. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов М. 1963 г.
4. Г.С. Кринчик Физика магнитных явлений М. МГУ, 1985 г.
5. М.А. Шамсутдинов, И.Ю. Ломакина, В.Н. Назаров, А.Т. Харисов, Д.М. Шамсутдинов. Ферро- и антиферромагнитодинамика. Нелинейные колебания, волны и солитоны. – Уфа: Гилем, 2007, 368 с.

Дополнительная литература

1. С.В. Вонсовский. Магнетизм М.: Наука. 1971 г.
2. А.А. Бердышев. Введение в квантовую теорию магнетизма Екатеринбург, УрГУ, 1992 г.
3. Ю.А. Изюмов, Р.П.Озеров. Магнитная нейтронография М.: Наука, 1968 г.
4. С. Текадзуми. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества Мир. М. 1983.
5. С. Текадзуми. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения М.: Мир, 1987.
6. М.М. Фарзтдинов. Проблемы современной теории магнетизма Уфа, БашГУ, 1980 г.
7. М.М. Фарзтдинов. Теория магнитных явлений в кристаллах. Уфа, БашГУ, 1981 г.
8. Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред М.: Наука, 1982.
9. А.Хуберт. Теория доменных стенок в упорядоченных средах М.:Мир, 1977 г.
10. С.В.Вонсовский, Я.С.Шур. Ферромагнетизм М.: ГИТТЛ, 1948 г.
11. А.Малоземов, Дж.Слонзуски. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами М.: Мир, 1982 г.
12. А.Эшенфельдер. Физика и техника цилиндрических магнитных доменов М.: Мир, 1983 г.
13. Э.Бобек, Э.Делла Торре. Цилиндрические магнитные домены М.: Энергия, 1977 г.
14. О'Делл Т. Ферромагнетодинамика М.: Мир, 1983 г.
15. О'Делл Т. Магнитные домены высокой подвижности М.: Мир, 1978 г.
16. Ф.В.Лисовский. Физика цилиндрических магнитных доменов М.: Сов. радио, 1979 г.
17. К.П.Белов, А.К.Зведин, А.М.Кадомцева, Р.З.Левитин. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках М.: Наука, Гл.ред. физ-мат. лит., 1979 г.
18. У.Ф.Браун. Микромагнетизм М.: Наука, 1979 г.
19. М.М.Фарзтдинов. Физика магнитных доменов в антиферромагнетиках и ферритах М.: Наука, 1981 г. с.156.
20. В.А.Зайкова, И.Е.Старцева, Б.Н.Филиппов. Доменная структура и магнитные свойства электротехнических сталей М.: Наука, 1992 г., 272 с.
21. Г.С.Кандаурова, Л.Г.Оноприенко. Доменная структура магнетиков. Основные вопросы микромагнетики Свердловск. УрГУ, 1986 г., 136 с.
22. Г.С.Кандаурова, Л.Г.Оноприенко. Основные вопросы теории доменной структуры Свердловск, УрГУ, 1977 г.
23. М.А. Шамсутдинов, В.Н. Назаров, И.Ю. Ломакина. Основы микромагнетизма и ферромагнитодинамики. – Уфа: РИО БашГУ, 2006. 104 с.
24. А.М. Косевич, Б.А. Иванов, А.С. Ковалев Нелинейные волны намагниченности. Динамические и топологические солитоны. Киев: Наукова думка, 1983 г., 192с.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	http://ru.wikipedia.org	Интернет-энциклопедия образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочники, а также статьи различной тематики. Удобный поиск, по ключевым словам, отдельным темам, отраслям знания.
2	Электронный ресурс МАРС (http://mars.arbicon.ru).	Электронная система доставки документов. Позволяет найти нужный документ и получить его по электронной почте.
3	http:// e.lanbook.com	Электронная библиотечная система издательства

		«Лань». Тематический пакет «Физика»
4	http:// www.biblioclub.ru	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online»; специализируется на учебных материалах для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а также содержит материалы по точным и естественным наукам

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 01	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Аудитория 323	Практические занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплина «Теория магнетизма» 8 семестр

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	91,2
лекций	36
практических/ семинарских	18
лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	7,8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	45

Форма (ы) контроля:

Экзамен 8 семестр

Лекционный и практический курс 8 семестр

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Межпредметные связи	Инновационные методы в обучении	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Модуль 1								
	<u>I Физические основы описания магнитных неоднородностей.</u>								
1.	Введение. Магнитные неоднородности типа доменной структуры. Краткая история. Актуальность курса “Микромагнетизм”. Физические и прикладные основы. Перспектива применения технических устройств, основанных на использовании магнитных неоднородностей (доменов, доменных границ, нелинейных волн и т.д.).	ЛК	2			1. Введ.; 5. Введ.; 7. Введ; 21. Введ.;			
2.	Основные виды энергии ферромагнетика (феноменологический подход), эффективное магнитное поле в ферромагнетике. Структура доменной границы в одноосном ферромагнетике. Границы Блоха и Нееля. Поверхностная энергия доменных границ. Определение толщины доменной стенки по Лилли и Ландау-Лифшицу.	ЛК	2	Электродинамика. Механика сплошных сред. Квантовая теория магнетизма.		1. гл. 2 § 1-4; 2. гл. I § 1.1, 1.3. 5. гл. 2 § 1-3; 7. гл. 1 § 1.8, гл. 2 § 2.1-2.3; 21. гл. I § 1, 2, 3; гл. II § 1,2;	Повторить тему «Обменное взаимодействие» по разделу «Квантовая теория магнетизма».	1	
3.	Вариационный принцип для расчета характеристик доменной границы. Специальный случай. Метод решения для случая многих переменных.	ЛК	2	Электродинамика, теоретическая механика		1. гл. 3 § 3.1, 3.2, 3.3			
4.	Применения метода фазового портрета при исследовании доменной структуры. Периодическая доменная структура. Модели доменной структуры Широкова и Кацера.	ЛК	2	Диф. уравнения, специальные функции.		1. гл. 2 § 3.4, 4.2; 8. гл. 1 § 1.5 гл. 5 § 5.1, 5.2; 16. гл. 1.2; 17. ЖЭТФ, 1945.	Написание реферата по теме 2,3	2	Проверка рефератов

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Межпредметные связи	Инновационные методы в обучении	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Модуль 2								
5.	Учет констант анизотропии более высокого порядка в случае одноосных ферромагнетиков. Доменные границы в кубических ферромагнетиках. Влияние доменных границ на ориентационные фазовые переходы.	ЛК	2			1. § 4.1, 5.1-5.4; 7. §2.4; 8. § 1.5; 16. § 1.2.			
6.	Влияние внешнего магнитного поля, перпендикулярного оси легкого намагничивания на структуру доменной границы.	ЛК	2			1. § 4.2; 16. § 1.6			
7.	Влияние магнитострикции на структуру доменных границ и доменов в одноосных и кубических ферромагнетиках.	ЛК	2	Основы механики сплошных сред.		1. гл. 8 § 8.1-8.6, § 9.1			
8.	Теория полосовых доменов. замкнутая и открытая модели. Влияние внешнего магнитного поля, параллельного оси легкого намагничивания на характеристики полосовых доменов. цилиндрический магнитный домен. Однодоменные частицы.	ЛК	2	Электродинамика.		12. гл. 2 § 1-5; 13. § 44; 18. стр. 128-143.			
9.	Доменные границы в антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках.	ЛК	2			1. гл. 4 § 1.2; 10. Предисловие, гл. 1 Введ., § 1-3, гл. 4 Введ., § 1-3, гл. 5 § 1-6.			
10.	Доменные границы в магнитоодноосных пленах. Горизонтальные блоховские линии. Вертикальные блоховские линии.	ЛК	2			1. гл. 13 § 1-4, гл. 14 § 6; 4. гл. 1 § 22; 5. гл. 4 § 8; 7. § 2.5	Написание реферата по теме 8.	2	Проверка рефератов

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Межпредметные связи	Инновационные методы в обучении	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Модуль 3								
	II Динамика магнитных неоднородностей.								
11.	Механизм движения доменной границы. Эффективная масса доменной стенки. Собственные частоты колебаний доменной границы.	ЛК	2	Теория колебаний.		2. 7.1; 3. 7.1-7.4; 4. 1.1; 5. 1.1-1.6; 5. гл. 5 §11.6; 7. § 3.1-3.5; 8. гл. I.	Написание реферата по теме 5.	1	Проверка рефератов
12.	Стационарное движение доменной границы в слабых магнитных полях. Скорость и подвижность доменной границы при малых скоростях движения. Некоторые экспериментальные данные по исследованию динамики доменных границ.	ЛК	2			7. § 4.1, 4.2, 4.7; 9. §2.13.	Написание реферата по теме 1.	1	Проверка рефератов
13.	Движение доменных границ в сильных магнитных полях. Уравнения, описывающие динамическое поведение 180-градусной доменной границы. Решение Уокера. Предельная скорость стационарного движения доменной границы.	ЛК	4	Диф. Уравнения		2. гл.I § 1.4, 1.5; 4. гл.1 § 3.1, 3.3; 7. гл.5 § 5.1-5.3; гл.6 § 6.1-6.3; 21. гл.II § 3,4.	Написание реферата по теме 6.	1	Проверка рефератов
14.	Метод канонических переменных.	ЛК	2	Теоретическая механика		5. гл. 5 § 10.			
15.	Структура и динамика зародышей перемагничивания. Нелинейные волны в ферромагнетиках. Солитонные решения уравнения Ландау-Лифшица.	ЛК	4		Презентация	2. гл.II § 2.1, 2.2, 2.3, 2.4-2.8.			
16.	Движение доменной границы в слабых ферромагнетиках.	ЛК	2		Презентация	15. УФН 1985, т.146, вып. 3, с. 417- 455.			

Практические и семинарские занятия

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Межпредметные связи	Инновационные методы в обучении	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Атомный магнетизм.	СМ	2	Квантовая механика		4. гл. I; I0 § 3			
2.	Многообразие видов магнитного упорядочения в твердых телах.	СМ	2	Общая физика. Квантовая механика		II.			
3.	Кристаллические и магнитные структуры.	СМ	2	Общая физика. Термодинамика		Ю. гл. 4; 8. § 1			
4.	Прямой и косвенный обмен в ферромагнетиках-	СМ	2	Квантовая механика		6. § 2.9			
5.	s-d-обменная модель Вонсовского.	СМ	2	Квантовая механика		6. §2.I0			
6.	Расчет спиновых волн в двухподрешеточной	СМ		Квантовая механика					
7.	Расчет спиновых волн в рамках феноменологической теории.	ПР	4	Квантовая механика					

Рейтинг-план дисциплины
Теория магнетизма

Направление подготовки (специальность)

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки / Специализация

Цифровые технологии в физике функциональных материалов

курс 4, семестр 8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1.				
Текущий контроль			0	15
1. Работа на практических занятиях	3	5	0	15
2. Посещение занятий			-3(ЛК): -5(ПЗ)	0
Рубежный контроль			0	15
1. Письменная контрольная работа			0	10
2. Тестирование				5
Модуль 2.				
Текущий контроль			0	15
1. Работа на практических занятиях	3	5	0	15
2. Посещение занятий			-3(ЛК): -5(ПЗ)	0
Рубежный контроль			0	20
1. Письменная контрольная работа			0	15
2. Тестирование				5
Модуль 3.				
Текущий контроль			0	20
1. Работа на практических занятиях	4	5	0	20
2. Посещение занятий			-3(ЛК): -5(ПЗ)	0
Рубежный контроль			0	15
1. Письменная контрольная работа			0	10
2. Тестирование				5
Поощрительные баллы				10

Форма экзаменационного билета

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по дисциплине
Теория магнетизма
Направление подготовки (специальность)
03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки / Специализация
Цифровые технологии в физике функциональных материалов

1. Классификация магнитных материалов. Магнитные свойства диа – и парамагнетиков.
2. Периодическая доменная структура. Применение качественной теории дифуравнений для исследования доменной структуры (метод фазового портрета).
3. Сегнетоэлектрики. Кристаллографические структуры сегнетоэлектриков. Доменная структура сегнетоэлектриков.