



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Направление подготовки (специальность)
03.04.02 ФИЗИКА

Направленность (профиль/специализация) программы
Компьютерное моделирование физических процессов и структур, методы преподавания
физики

Уровень высшего образования - магистратура
Программа подготовки - академическая магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 913)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель _____ И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук _____

_____ А.П. Давыдов

Рецензент:
зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук _____

_____ О.С. Логунова

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ М.Б. Аркулис

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Физика магнитных явлений» являются:

- 1) подготовка студентов по дисциплине в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению 03.04.02 – «Физика»;
- 2) формирование необходимых компетенций для анализа и решения современных научных и технических проблем, связанных с использованием магнитных явлений в науке и технике.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Физика магнитных явлений входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Теория твердого тела
Физическая акустика
Современные проблемы физики
Спецсеминар по научным направлениям

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Спецсеминар по научным направлениям
Волновые процессы в конденсированных средах
Дополнительные главы общей физики
Основы спинтроники
Электрические и магнитные свойства твердых тел
Теоретические основы спектроскопии
Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы
Производственная - преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика магнитных явлений» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-6 способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	
Знать	<ul style="list-style-type: none">- основные характеристики магнитного поля в магнетиках;- феноменологическую классификацию магнетиков;- особенности намагничивания ферромагнетиков;- основные сведения из термодинамики магнитных явлений;- основные сведения о доменной структуре ферромагнитных тел;- основные положения квантового описания магнетизма

Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять основные характеристики магнитного поля к решению на-учно-исследовательских задач, касающихся строения твердого тела; - применять теорию намагничивания к описанию магнитных свойств ферромагнитных материалов; - проводить расчет параметров, характеризующих взаимодействие твердых тел с магнитными полями; - проводить анализ магнитных свойств твердых тел и магнитных фазо-вых переходов на основе квантовой теории магнетизма; - использовать кристаллическую симметрию тел при описании распро-странения спиновых волн в ферромагнетиках
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - навыками описания распространения спиновых волн в научно-исследовательской работе; - навыками расчета магнитных параметров твердых тел; - способностью использовать базовые теоретические знания о строении твердых тел для решения профессиональных задач
ПК-2 способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - основные принципы и методы научного исследования с помощью со-временного приборного оборудования; - области и способы применения физических законов при изучении магнитных явлений с помощью современной приборной базы; - методы описания магнитных свойств твердых тел, отражающие ос-новные тенденции развития современной физики как науки
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять основные положения теории магнитных свойств тел для анализа проблем современной физики; - пользоваться методами исследования структуры твердого тела для анализа проблем современной физики с помощью современной при-борной базы
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - способностью использовать полученные знания для изучения про-фильных дисциплин; - системным представлением о динамике развития избранной области; научной и профессиональной деятельности; - современной научной картиной мира
ПК-6 способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно- методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - основные педагогические методы и приёмы, применяемые в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять основные педагогические методы и приёмы, в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях с учетом их специфики
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - навыками проведения лекционных и практических занятий с учетом специфики контингента учащихся, учебного заведения и преподаваемой дисциплины

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 51,1 акад. часов;
- аудиторная – 48 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 21,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	Лаб. за	Практ. зан.				
1. Феноменологическое описание магнитного поля								
1.1 Основные характеристики магнитного поля в магнетиках	2	2		6	3	Проработка учебников, учебных пособий, конспектирование, подготовка к практическому занятию	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
1.2 Феноменологическая классификация магнетиков. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Особенности намагничивания ферромагнетиков		2		6	4	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
1.3 Термодинамика магнитных явлений. Основные термодинамические соотношения		2		4	3	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6

1.4 Домены и доменная структура		2		4	3	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		8		20	1			
2. Квантовое описание магнетизма								
2.1 Магнитные свойства отдельных атомов		4		4	3	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
2.2 Обменное взаимодействие, магнитное упорядочение	2	2		4	3	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
2.3 Магнитные фазовые переходы		2		4	2, 2	Подготовка к практическому занятию, конспектирование учебников, учебных пособий, монографий, первоисточников	Проверка конспектов, опрос, обсуждение, контрольная работа	ОПК-6, ПК-2, ПК-6
Итого по разделу		8		12	8,			
Итого за семестр		1		32	2		экзамен	
Итого по дисциплине		6	1	32	2, 1,2		экзамен	ОПК-6, ПК-2, ПК-6

5 Образовательные технологии

Результат освоения дисциплины «Физика магнитных явлений» – формирование у студентов компетенций представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую студент может продемонстрировать после завершения обучения по магистерской образовательной программе. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и технология информационно-проектного обучения, позволяющая студенту в процессе обучения самому выбирать формируемые компетенции и личностные качества, тем самым проектируя для себя образовательный процесс.

Учебные занятия проводятся в виде лекций и практических занятий

Лекции проводятся в виде:

- обзорных – для систематизации и закрепления знаний по дисциплине
- информационных – для ознакомления со стандартами и справочной информацией
- проблемных – для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

Лекции проводятся в поточных аудиториях с применением компьютерных презентаций.

Концептуальную основу лекционно-семинарской технологии составляют принципы педагогики: научности, последовательности и систематичности, доступности, прочности, сознательности и активности, наглядности, связи теории с практикой, учета индивидуальных особенностей студентов.

На практических занятиях применяются как активные, так и интерактивные методы обучения, которые в отличие от активных методов, ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности студентов в процессе обучения.

Кроме того, на практических занятиях используется технология педагогики сотрудничества преподавателя со студентами, в основе которой следующие целевые ориентации: переход от педагогики требований к педагогике отношений, гуманно-личностный подход к студенту, единство обучения и воспитания.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Ильющонок, А. В. Физика : учеб. пособие / А.В. Ильющонок [и др.]. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2013. — 600 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-985-475-548-9 (Новое знание) ; ISBN 978-5-16-006556-4 (ИНФРА-М). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/397226> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Аплеснин, С. С. Основы электродинамики. Теория, задачи и тесты : учебное пособие / С. С. Аплеснин, Л. И. Чернышова. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 576 с. — ISBN 978-5-8114-2058-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87725> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей

б) Дополнительная литература:

1. Канн К. Б. Курс общей физики : учебное пособие / К. Б. Канн. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 360 с. - ISBN 978-5-905554-47-6 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=443435> (дата обращения: 24.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. – М. : Логос, 2013. – 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=469025>

3. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики. В 3 т. Том 2. Электричество и магнетизм: учебное пособие. Издательство Лань, 2019. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/115201/#4> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей

в) Методические указания:

в приложении 1

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

Приложение 1

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

При выполнении домашнего задания рекомендуется следовать следующему общему алгоритму:

1. Проработать конспект лекции на предмет выявления непонятных моментов те-мы.
2. В случае наличия непонятных моментов сформулировать вопросы.
3. Найти и изучить дополнительный материал по теме, используя рекомендованную литературу и электронные ресурсы учебных пособий в сети Интернет.
4. Ответить на возникшие в ходе изучения темы вопросы.
5. Выписать трактовки основных понятий, законов, принципов и т.п. по теме лекции.
6. Из перечня вопросов к зачету выбрать те, которые отражают содержание лекции.
7. Найти ответы на эти вопросы в тексте лекций и дополнительном материале.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

АКР №1 «Феноменологическое описание магнитного поля».

1. Оценить напряженность магнитного поля, необходимого для создания намагниченности $M = 1,2 \cdot 10^3$ Гс в железе при температуре $T = 1000^\circ \text{C}$. Сравнить величину этого поля с величиной поля Вейса.
2. Вычислить парамагнитную восприимчивость кислорода при нормальных условиях в слабом магнитном поле. Магнитный момент молекулы кислорода равен $2,8\mu_B$.
3. Найти в рамках модели Ландау–Лифшица толщину магнитного домена.

АКР №2 «Квантовое описание магнетизма».

1. Атом водорода в основном состоянии находится в однородном магнитном поле \mathbf{B} . Вычислить напряженность магнитного поля, обусловленную прецессией электронного облака в центре атома.
2. Найти температуру Нееля для антиферромагнетика с двумя эквивалентными подрешетками, константой молекулярного взаимодействия равной 10^3 , обменным взаимодействием величиной $-0,5 \cdot 10^3$ и постоянной Кюри 10^{-2} К.
3. Получить температурную зависимость спонтанного намагничивания ферромагнетика вблизи точки Кюри.

Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

ИДЗ №1 «Феноменологическое описание магнитного поля».

1. Кислород находится в однородном магнитном поле $H=10^6$ А/м. Найти эффективный магнитный момент атома кислорода и объемную парамагнитную восприимчивость при температурах 200 и 400 К соответственно.
2. Упростить формулу для намагниченности парамагнетика, полученную с учетом явления пространственного квантования в случае а) классического предела $j \rightarrow \infty$, где j – квантовое число полного механического момента, когда магнитный момент атома имеет бесконечное множество разрешенных ориентаций в магнитном поле; б) слабых магнитных полей и высоких температур; в) квантового предела $j = 1/2$.
3. В рамках модели Ландау–Лифшица найти скорость движения доменной стенки во внешнем магнитном поле, направленном вдоль оси легкого намагничивания.

ИДЗ №2 «Квантовое описание магнетизма».

1. Определить диамагнитную восприимчивость атомарного водорода при нормальных условиях, если распределение плотности заряда электрического облака в атоме равно $\rho(r) = \frac{e}{\pi a_0^3} \exp(-2r/a_0)$, где

a_0 – радиус первой боровской орбиты.

2. Известно, что для магнонов в ферромагнетиках с простой кубической решеткой имеет место приближенный закон дисперсии: $\omega = bk^2$, где b – постоянная величина. Определить, какой вклад вносят магноны в теплоемкость кристаллов при низких температурах.

3. Выразить ширину доменной стенки через константы обменного взаимодействия и магнитной анизотропии $K = \mu M_s/2$ на основе модели Ландау–Лифшица. Оценить l для Ni ($T_c = 630$ К, $M_s = 480$, постоянная решетки $a = 3,5 \cdot 10^{-8}$ см, $\beta = 1,7$).

Приложение 2

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-6 – способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе		
Знать	<ul style="list-style-type: none">– основные характеристики магнитного поля в магнетиках;– феноменологическую классификацию магнетиков;– особенности намагничивания ферромагнетиков;<ul style="list-style-type: none">– основные сведения из термодинамики магнитных явлений;– основные сведения о доменной структуре ферромагнитных тел;– основные положения квантового описания магнетизма	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Магнетики. Основные характеристики магнитного поля в магнетиках. Единицы измерения магнитных параметров в различных системах единиц.2. Магнитные заряды и магнитный диполь. Гипотеза Ампера.3. Феноменологическая классификация магнетиков. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость.4. Особенности намагничивания ферромагнетиков. Кривая намагничивания и петля гистерезиса. Остаточное намагничивание и коэрцитивная сила.5. Дифференциальная и интегральная формы записи уравнений Максвелла. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла в магнитостатическом приближении. Условия на границе раздела магнетиков.6. Решение уравнений Максвелла для стационарных магнитных полей с использованием векторного магнитного потенциала.7. Решение уравнений Максвелла для стационарного магнитного поля с использованием скалярного магнитного потенциала.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять основные характеристики магнитного поля к решению научно-исследовательских задач, касающихся строения твердого тела; – применять теорию намагничивания к описанию магнитных свойств ферромагнитных материалов; – проводить расчет параметров, характеризующих взаимодействие твердых тел с магнитными полями; – проводить анализ магнитных свойств твердых тел и магнитных фазовых переходов на основе квантовой теории магнетизма; – использовать кристаллическую симметрию тел при описании распространения спиновых волн в ферромагнетиках. 	<p>1. Оценить напряженность магнитного поля, необходимого для создания намагниченности $M = 1,2 \cdot 10^3$ Гс в железе при температуре $T = 1000^\circ \text{C}$. Сравнить величину этого поля с величиной поля Вейса.</p> <p>2. Атом водорода в основном состоянии находится в однородном магнитном поле \mathbf{B}. Вычислить напряженность магнитного поля, обусловленную прецессией электронного облака в центре атома.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками описания распространения спиновых волн в научно-исследовательской работе; – навыками расчета магнитных параметров твердых тел; – способностью использовать базовые теоретические знания о строении твердых тел для решения профессиональных задач. 	<p>1. Кислород находится в однородном магнитном поле $H=10^6$ А/м. Найти эффективный магнитный момент атома кислорода и объемную парамагнитную восприимчивость при температурах 200 и 400 К соответственно.</p> <p>2. Определить диамагнитную восприимчивость атомарного водорода при нормальных условиях, если распределение плотности заряда электрического облака в атоме равно</p> $\rho(r) = \frac{e}{\pi a_0^3} \exp(-2r/a_0), \text{ где } a_0 - \text{радиус первой боровской орбиты.}$
<p>ПК-2 – способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности</p>		

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные принципы и методы научного исследования с помощью современного приборного оборудования; – области и способы применения физических законов при изучении магнитных явлений с помощью современной приборной базы; – методы описания магнитных свойств твердых тел, отражающие основные тенденции развития современной физики как науки. 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Магнитное поле в образцах конечных размеров. Понятие размагничивающего поля и размагничивающих факторов. 2. Размагничивающие факторы для протяженного цилиндра, тонкого диска. 3. Магнитные цепи. Расчет магнитного поля тороида. Законы магнитных цепей. 4. Магнитодвижущая сил и магнитное сопротивление. Правила Кирхгофа. Экранирующее действие стенок железного сердечника. 5. Энергетические соотношения для магнетиков. Вычисление работы по намагничиванию тела. Различные варианты записи выражения работы по намагничиванию. Графическая интерпретация. 6. Работа перемещения. Термодинамические потенциалы для намагниченного тела. Внутренняя энергия. Свободная энергия.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – основные принципы и методы научного исследования с помощью современного приборного оборудования; – области и способы применения физических законов при изучении магнитных явлений с помощью современной приборной базы; – методы описания магнитных свойств твердых тел, отражающие основные тенденции развития современной физики как науки. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вычислить парамагнитную восприимчивость кислорода при нормальных условиях в слабом магнитном поле. Магнитный момент молекулы кислорода равен $2,8\mu_B$. 2. Найти температуру Нееля для антиферромагнетика с двумя эквивалентными подрешетками, константой молекулярного взаимодействия равной 10^3, обменным взаимодействием величиной $-0,5 \cdot 10^3$ и постоянной Кюри 10^{-2} К.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – способностью использовать полученные знания для изучения профильных дисциплин; – системным представлением о динамике 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Упростить формулу для намагниченности парамагнетика, полученную с учетом явления пространственного квантования в случае а) классического предела $j \rightarrow \infty$, где j – квантовое число

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>развития избранной области; научной и профессиональной деятельности;</p> <p>– современной научной картиной мира.</p>	<p>полного механического момента, когда магнитный момент атома имеет бесконечное множество разрешенных ориентаций в магнитном поле; б) слабых магнитных полей и высоких температур; в) квантового предела $j=1/2$.</p> <p>2. Известно, что для магнов в ферромагнетиках с простой кубической решеткой имеет место приближенный закон дисперсии: $\omega = bk^2$, где b – постоянная величина. Определить, какой вклад вносят магноны в теплоемкость кристаллов при низких температурах.</p>
<p>ПК-6 – способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики</p>		
Знать	<p>– основные педагогические методы и приёмы, применяемые в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях.</p>	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Квантовая природа магнетизма. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Магнетон Бора. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Магнитомеханическое отношение и фактор Ланде. 2. Многоэлектронные атомы. Особенности заполнения электронами оболочек атомов. 3. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия и критическая температура. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм и ферримагнетизм. 4. Теория молекулярного поля Вейса. Температура Кюри. Зависимость спонтанной намагниченности от температуры и внешнего поля. 5. Кристаллографическая магнитная анизотропия и ее физическая природа. Энергия кристаллографической магнитной анизотропии для одноосных и кубических кристаллов. Конфигурационная магнитная анизотропия (анизотропия формы). Наведенная магнитная анизотропия. 6. Сущность явления магнитострикции. Общие соотношения для изотропной линейной

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>магнитострикции. Магнитострикция одноосных кристаллов.</p> <p>7. Физическая природа появления доменной структуры в ферромагнетиках. Форма и размеры доменов. Замыкающие домены, домены вблизи неоднородностей. Доменные границы (стенки). Энергия и равновесная толщина доменной стенки.</p> <p>8. Особенности намагничивания и перемагничивания ферромагнетиков и ферритов.</p> <p>9. Магнитная вязкость, физическая природа и математическое описание. Особенности намагничивания ферромагнетиков в переменных магнитных полях. Комплексная магнитная проницаемость.</p> <p>10. Статические и динамические потери при перемагничивании. Потери на перемагничивание в слабых магнитных полях. Потери на вихревые токи.</p>
Уметь	– применять основные педагогические методы и приёмы, в средних, средне-специальных и высших учебных заведениях с учетом их специфики;	<ol style="list-style-type: none"> 1. Найти в рамках модели Ландау-Лифшица толщину магнитного домена. 2. Получить температурную зависимость спонтанного намагничивания ферромагнетика вблизи точки Кюри.
Владеть	– навыками проведения лекционных и практических занятий с учетом специфики контингента учащихся, учебного заведения и преподаваемой дисциплины.	<ol style="list-style-type: none"> 1. В рамках модели Ландау–Лифшица найти скорость движения доменной стенки во внешнем магнитном поле, направленном вдоль оси легкого намагничивания. 2. Выразить ширину доменной стенки через константы обменного взаимодействия и магнитной анизотропии $K = \mu M_s / 2$ на основе модели Ландау–Лифшица. Оценить l для Ni ($T_c = 630$ К, $M_s = 480$, постоянная решетки $a = 3,5 \cdot 10^{-8}$ см, $\beta = 1,7$).

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физика магнитных явлений» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Перечень теоретических вопросов к экзамену:

1. Магнетики. Основные характеристики магнитного поля в магнетиках. Единицы измерения магнитных параметров в различных системах единиц.
2. Магнитные заряды и магнитный диполь. Гипотеза Ампера.
3. Феноменологическая классификация магнетиков. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость.
4. Особенности намагничивания ферромагнетиков. Кривая намагничивания и петля гистерезиса. Остаточное намагничивание и коэрцитивная сила.
5. Дифференциальная и интегральная формы записи уравнений Максвелла. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла в магнитоэлектростатическом приближении. Условия на границе раздела магнетиков.
6. Решение уравнений Максвелла для стационарных магнитных полей с использованием векторного магнитного потенциала.
7. Решение уравнений Максвелла для стационарного магнитного поля с использованием скалярного магнитного потенциала.
8. Магнитное поле в образцах конечных размеров. Понятие размагничивающего поля и размагничивающих факторов.
9. Размагничивающие факторы для протяженного цилиндра, тонкого диска.
10. Магнитные цепи. Расчет магнитного поля тороида. Законы магнитных цепей.
11. Магнитодвижущая сила и магнитное сопротивление. Правила Кирхгофа. Экранирующее действие стенок железного сердечника.
12. Энергетические соотношения для магнетиков. Вычисление работы по намагничиванию тела. Различные варианты записи выражения работы по намагничиванию. Графическая интерпретация.
13. Работа перемагничивания. Термодинамические потенциалы для намагниченного тела. Внутренняя энергия. Свободная энергия. Квантовая природа магнетизма. Спин и спиновый магнитный момент электрона. Магнетон Бора. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Магнитомеханическое отношение и фактор Ланде.
14. Многоэлектронные атомы. Особенности заполнения электронами оболочек атомов.
15. Обменное взаимодействие. Энергия обменного взаимодействия и критическая температура. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм и ферримагнетизм.
16. Теория молекулярного поля Вейса. Температура Кюри. Зависимость спонтанной намагниченности от температуры и внешнего поля.

17. Кристаллографическая магнитная анизотропия и ее физическая природа. Энергия кристаллографической магнитной анизотропии для одноосных и кубических кристаллов. Конфигурационная магнитная анизотропия (анизотропия формы). Наведенная магнитная анизотропия.

18. Сущность явления магнитострикции. Общие соотношения для изотропной линейной магнитострикции. Магнитострикция одноосных кристаллов.

19. Физическая природа появления доменной структуры в ферромагнетиках. Форма и размеры доменов. Замыкающие домены, домены вблизи неоднородностей. Доменные границы (стенки). Энергия и равновесная толщина доменной стенки Особенности намагничивания и перемагничивания ферромагнетиков и ферритов.

20. Магнитная вязкость, физическая природа и математическое описание. Особенности намагничивания ферромагнетиков в переменных магнитных полях. Комплексная магнитная проницаемость.

21. Статические и динамические потери при перемагничивании. Потери на перемагничивание в слабых магнитных полях. Потери на вихревые токи.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Оценка **«неудовлетворительно»** (1 балл) – не предусмотрена.