

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Магнитные материалы

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика
Направленность (профиль) подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): профессор, д.н. Еремина Р.М. (Кафедра общей физики, Отделение физики), RMEremina@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

механизме обменных взаимодействий в магнитных материалах; структурах и типах магнитного упорядочения магнитных материалов

Должен уметь:

измерять на современном оборудовании физические параметры магнитных материалов и приборов на их основе

Должен владеть:

знанием физических процессов, происходящих в магнитных материалах;
 знанием проблем, стоящих в настоящее время перед материаловедением, физикой и техникой магнитных материалов, а также о возможных путях разрешения этих проблем

Должен демонстрировать способность и готовность:

системного научного анализа проблем (как природных, так и профессиональных) различного уровня сложности

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.11.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы) на 216 часа(ов).

Контактная работа - 139 часа(ов), в том числе лекции - 48 часа(ов), практические занятия - 90 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 23 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Обменное взаимодействие, его природа. Механизмы обменного взаимодействия. Модель молекулярного поля Вейсса. Антиферромагнетики.	7	10	0	12	0	6	0	14
2.	Тема 2. Тема 2. Ферриты-шпинели, ферриты-гранаты, ортоферриты и гексаферриты. Структура, катионное распределение и свойства.	7	10	0	8	0	2	0	16
3.	Тема 3. Тема 3. Магнитная анизотропия. Доменная структура магнетиков.	7	10	0	10	0	6	0	14
4.	Тема 4. Тема 4. Намагничивание и перемагничивание.	7	2	0	2	0	2	0	6
5.	Тема 5. Тема 5. Манганиты редкоземельных элементов. Магнитооптические явления в магнетиках	7	4	0	4	0	2	0	4
	Итого		36	0	36	0	18	0	54

4.2 Содержание дисциплины (модуля)**Тема 1. Тема 1. Обменное взаимодействие, его природа. Механизмы обменного взаимодействия. Модель молекулярного поля Вейсса. Антиферромагнетики.**

Обменное взаимодействие, его природа. Механизмы обменного взаимодействия. Модель молекулярного поля Вейсса. Косвенный обмен. Модель Крамерса-Андерсена. Модель Несбита-Пратта. Кинетический обмен. Антиферромагнетики. Модель Нееля. Типы антиферромагнетиков (A, C, G). Неколлинеарный антиферромагнетизм (слабый ферромагнетизм)

Тема 2. Тема 2. Ферриты-шпинели, ферриты-гранаты, ортоферриты и гексаферриты. Структура, катионное распределение и свойства.

Оксидные магнетики. Ферриты-шпинели: кристаллическая структура и катионное распределение. влияние диамагнитного замещения на магнитные свойства феррошпинелей. Халькогенидные шпинели. Фотоферромагнитный эффект в халькошпинелях. Ферриты-гранаты, Кристаллическая структура и катионное распределение. Магнетизм трехподрешеточных феррогранатов - температура компенсации. Ортоферриты. Структура, магнитное упорядочение, спин-переориентационные переходы в ортоферритах. Магнито жесткие многоподрешеточные оксидные магнетики - гексаферриты. Электрические свойства ферритов.

Тема 3. Тема 3. Магнитная анизотропия. Доменная структура магнетиков.

Магнитная анизотропия. Природа магнитокристаллической, магнитоупругой и магнитостатической анизотропии. Оси легкого намагничивания. "Анизотропия формы". Магнитострикция и обратная магнитострикция. Доменная структура магнетиков. Критический размер доменов. Доменные границы - стенки Блоха. Толщина доменных стенок.

Тема 4. Тема 4. Намагничивание и перемагничивание.

Намагничивание и перемагничивание. Область слабых магнитных полей - обратимое смещение доменных границ. Необратимое смещение ДГ - причина появления остаточной намагниченности. Намагничивание за счет поворота вектора намагниченности. Парапроцесс. Движение доменной стенки в переменных электромагнитных полях. Частотная зависимость магнитной восприимчивости.

Тема 5. Тема 5. Манганиты редкоземельных элементов. Магнитооптические явления в магнетиках

Манганиты РЗЭ со структурами перовскита и ильменита. Диамагнитное замещение неизовалентными катионами. Магнитное упорядочение в диамагнитно-замещенных манганитах. Гигантское магнитосопротивление в диамагнитно-замещенных манганитах РЗЭ. Сегнетомагнетики (мультиферроики). Магнитооптические явления в магнетиках: эффекты Фарадея и Керра

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

доменная структура ферромагнетиков - http://dssp.petrus.ru/p/tutorial/ftt/Part7/part7_4_3.htm

обменное взаимодействие в ферромагнетиках -

http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2243/%D0%A4%D0%95%D0%A0%D0%A0%D0%9E%D0%9C%D0%90%D0%93%D0%91

ферриты-гранаты - <http://www.studfiles.ru/preview/745388/page:31/>

ферриты-шпинели - <http://mash-xxl.info/info/395052/>

халькогенидные шпинели - oldvak.ed.gov.ru/common/img/uploaded/files/vak/.../fiz_mat/IvanovaNB.doc

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	При конспектировании лекций стараться кратко записать все, а не просто переписывать с доски только формулы. Иногда приходится сталкиваться на экзамене с тем, что формулы написаны верно, а их физический смысл, допущения, сделанные при выводе, область применения того или иного соотношения студент не знает
практические занятия	Практические занятия проводятся в виде семинаров по темам, предложенным преподавателем. При подготовке к семинарам рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем на лекциях, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторам могут быть даны различные ответы
самостоятельная работа	Поскольку часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель. Схема изучения материала: - постановка проблемы; - варианты решения; - аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу. При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо опираться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые указаны в списке литературы. В каждом билете на экзамене содержится по два вопроса. Высокая положительная оценка выставляется при полном развернутом ответе на оба. Преподаватель оставляет за собой право задать дополнительные вопросы, связанные с основными вопросами билета

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

Специализированная лаборатория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. [Электронный ресурс] /

В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 384 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/71735>

2. Матухин, В.Л. Физика твердого тела. [Электронный ресурс] / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2010. - 224 с.

- Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/262>

3. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний'. - 2015. - 480 с.

- Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/70727>

Дополнительная литература:

Морозов, А.И. Фрустрированные магнитные наноструктуры [Электронный ресурс] / А.И. Морозов, А.С. Сигов. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2017. ? 144 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105002>

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.