

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
Проф. Д.А. Таюрский

« 01 » июня 2021 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Квантовая теория магнетизма

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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): доцент, к.н. Недопекин О.В. (Кафедра общей физики, Отделение физики), Oleg.Nedopekin@kpfu.ru ; проректор по научной деятельности Таюрский Д.А. (Ректорат, КФУ), Dmitry.Tayurskii@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
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности;
ПК-2	Способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

современный теоретический уровень описания магнитных свойств конденсированных сред;

- теоретические основы современных экспериментальных методов исследования в области магнетизма конденсированных сред;

- основные классические и современные экспериментальные результаты по магнитным свойствам твердых тел.

Должен уметь:

применять современные методы теоретического исследования магнетизма конденсированных сред для расчетов магнитной восприимчивости и намагниченности систем магнитных моментов.

Должен владеть:

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

- навыками работы с основными теоретическими методами в области магнетизма конденсированных сред и современной научной литературой.

Должен демонстрировать способность и готовность:

к применению полученных знаний для описания реальных физических систем

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.03 "Радиофизика (Квантовые устройства и радиофотоника)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 13 часа(ов), практические занятия - 13 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 46 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Магнитные моменты.	3	2	0	2	0	0	0	8
2.	Тема 2. Магнитные свойства систем невзаимодействующих локализованных моментов.	3	2	0	2	0	0	0	8
3.	Тема 3. Магнитные свойства систем слабо взаимодействующих локализованных моментов.	3	2	0	2	0	0	0	10
4.	Тема 4. Магнетизм систем сильновзаимодействующих моментов.	3	4	0	4	0	0	0	8
5.	Тема 5. Магнитные свойства систем с магнитными примесями.	3	2	0	2	0	0	0	4
6.	Тема 6. Спиновые стекла.	3	2	0	2	0	0	0	6
	Итого		14	0	14	0	0	0	44

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Магнитные моменты.

Понятие о магнитном моменте. Орбитальный и спиновый магнитный моменты. Диэлектрики: модель локализованных магнитных моментов. Металлы: модель делокализованных магнитных моментов, коллективизированные электроны. Взаимодействие магнитных моментов с внешними полями. Намагниченность. Восприимчивость. Взаимодействие магнитных моментов между собой. Диполь-дипольное взаимодействие. Обменное взаимодействие Гейзенберга. Суперобмен.

Тема 2. Магнитные свойства систем невзаимодействующих локализованных моментов.

Диамагнитная восприимчивость. Классическая теория Ланжевена. Парамагнитная восприимчивость Ван Флека. Магнитные ионы. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм электронов проводимости Ланда. Эффект де Гааза-Ван Альфена. Температурная зависимость магнитной восприимчивости. Закон Кюри.

Тема 3. Магнитные свойства систем слабо взаимодействующих локализованных моментов.

Локализованные магнитные моменты. Теория молекулярного поля. Ферромагнетизм. Температура Кюри. Антиферромагнетизм. Температура Нееля. Гелимагнетики. Ферримагнетики. Магнитные свойства вблизи температуры перехода в упорядоченное состояние. Модель Изинга и модель Гейзенберга в приближении молекулярного поля. Представление о критических явлениях. Критические индексы. Модель спиновых волн. Приближение Холстейна-Примакова для модели Гейзенберга. Намагниченность гейзенберговского ферромагнетика при низких температурах. Влияние спин-волновых взаимодействий. Параметрическое возбуждение магнонов. Антиферромагнитные магноны.

Нелинейные эффекты в антиферромагнетизме и ферримагнетизме. Понятие о магнитостатических модах. Делокализованные магнитные моменты. Теория ферми-жидкости.

Ферромагнетики с коллективизированными электронами в рамках теории ферми-жидкости.

Метод молекулярного поля для систем коллективизированных электронов. Модель Стонера. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм коллективизированных электронов. Волны спиновой плотности. Модель Хаббарда.

Тема 4. Магнетизм систем сильновзаимодействующих моментов.

Локализованные магнитные моменты. Теория молекулярного поля. Ферромагнетизм. Температура Кюри. Антиферромагнетизм. Температура Нееля. Гелимагнетики. Ферримагнетики. Магнитные свойства вблизи температуры перехода в упорядоченное состояние. Модель Изинга и модель Гейзенберга в приближении молекулярного поля. Представление о критических явлениях. Критические индексы. Модель спиновых волн. Приближение Холстейна-Примакова для модели Гейзенберга. Намагниченность гейзенберговского ферромагнетика при низких температурах. Влияние спин-волновых взаимодействий. Делокализованные магнитные моменты. Теория ферми-жидкости. Ферромагнетики с коллективизированными электронами в рамках теории ферми-жидкости. Метод молекулярного поля для систем коллективизированных электронов. Модель Стонера.

Ферромагнетизм и антиферромагнетизм коллективизированных электронов. Волны спиновой плотности. Модель Хаббарда. Параметрическое возбуждение магнонов. Антиферромагнитные магноны. Нелинейные эффекты в антиферромагнетизме и ферримагнетизме. Понятие о магнитостатических модах.

Тема 5. Магнитные свойства систем с магнитными примесями.

Магнитные примеси в магнитных диэлектриках. Локализованные магноны. Резонансные состояния. Магнитные примеси в немагнитных металлах. Модель Андерсона. Эффект Кондо.

Взаимодействие РККИ. Локальные магнитные моменты в металлах. Диэлектрики Мотта. Переход металл-диэлектрик. s-d или s-f обменная модель.

Тема 6. Спиновые стекла.

Случайный обмен. Фрустрация. Уравнения ТАР (Thouless-Anderson-Palmer) для локальной намагниченности. Модель Эдвардса-Андерсона. Нарушение эргодичности. Фрактальные кластеры и иерархия критических состояний. Замораживание спинов. Долговременная релаксация восприимчивости. Эффекты старения. Модель реплик.

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 №14-55-996ин/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 (модуля).

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)

Joint Quantum Institute - <http://jq.i.umd.edu/>

Институт теоретической физики им Л.Д. Ландау. Сектор квантовой мезоскопии - <http://qmeso.itp.ac.ru/>

Магнитопласты и магнитные системы - <http://www.valtar.ru/index.htm>

Наука и жизнь - <http://www.nkj.ru/>

Физическая энциклопедия - <http://www.femto.com.ua/index1.html>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Цель лекции: организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины. Важным критерием в работе с лекционным материалом является подготовка студентов к сознательному восприятию преподаваемого материала. При подготовке студента к лекции необходимо, накануне лекции просматривание записей предыдущей лекции для восстановления в памяти ранее изученного материала; ознакомление с заданиями для самостоятельной работы, включенными в программу, подбор литературы. Внимательно слушающий студент напряженно работает - анализирует излагаемый материал, выделяет главное, обобщает с ранее полученной информацией и кратко записывает. Конспект лекции позволяет ему обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем он смог восстановить в памяти основные, содержательные моменты. В конспекте лекции обязательно записываются название темы лекции, основные вопросы плана, рекомендованная литература. Текст лекции должен быть разделен в соответствии с планом. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п., с тем чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к семинарам, практическим занятиям, зачету для дальнейшего изучения тем. Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Понять и запомнить все новые определения. - Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. - Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются). - Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. - При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно 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, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п.
практические занятия	<p>Лекция закладывает основы научных знаний в обобщенной форме, а практические занятия направлены на расширение и детализацию этих знаний, на выработку и закрепление навыков профессиональной деятельности. Главная цель практических занятий - обеспечить студентам возможность овладеть навыками и умениями использования теоретического знания применительно к особенностям изучаемой отрасли. На практических занятиях обучающиеся овладевают первоначальными профессиональными умениями и навыками, которые в дальнейшем закрепляются и совершенствуются в процессе учебной и производственной практики. В процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Цель самостоятельной работы - закрепление и углубление полученных знаний и навыков, а также формирование представлений об основных понятиях и разделах курса, и приобретении новых знаний. Рекомендуются следующие виды самостоятельной работы: изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку; работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы; поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по курсу, написание реферата по выбранной теме; подготовка к практическим занятиям; подготовка к лабораторным работам; подготовка к зачету (экзамену).</p> <p>Самостоятельное изучение части материала. Если 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.</p> <p>Подготовка домашнего задания. В домашней работе студентов можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников.</p> <p>Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</p>
зачет	<p>При подготовке к зачёту требуется систематизировать знания, полученные при выполнении лабораторных работ и подготовке отчётов о них. Для этого объедините отчёты по темам, выделяя в них общие и отличающиеся моменты, касающиеся используемых определений, физических законов, идей экспериментов и инструментальной базы.</p>

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.

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 03.04.03 "Радиофизика" и магистерской программе "Квантовые устройства и радиофотоника".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.05.01 Квантовая теория магнетизма

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

Основная литература:

1. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов: учебное пособие / А. А. Абрикосов. - 2-е изд. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 600 с. - ISBN 978-5-9221-1097-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2093> (дата обращения: 19.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Борисёнок, С. В. Квантовая статистическая механика: учебное пособие / С. В. Борисёнок, А. С. Кондратьев. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 136 с. - ISBN 978-5-9221-1277-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2672> (дата обращения: 19.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И. В. Савельев. - 5-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-1211-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167873> (дата обращения: 19.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 224 с. - ISBN 978-5-8114-0923-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167762> (дата обращения: 19.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Боровик, Е. С. Лекции по магнетизму: учебное пособие / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 512 с. - ISBN 5-9221-0577-9. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2118> (дата обращения: 19.05.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Аминов, Л.К. Динамика и кинетика электронных и спиновых возбуждений в парамагнитных кристаллах / Л. К. Аминов, Б. З. Малкин. - Казань: Изд-во Казанского госуд. ун-та, 2008. - 217 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F1917339624/DynamicsSpinParamagnets_Aminov_Malkin.pdf (дата обращения: 19.05.2021). - Режим доступа: открытый.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.05.01 Квантовая теория магнетизма

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

Направление подготовки: 03.04.03 - Радиофизика

Профиль подготовки: Квантовые устройства и радиофотоника

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2021

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.