

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физика магнитных систем

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

## 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. Байбеков Э.И. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), 1Edward.Baibekov@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Малкин Б.З. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Boris.Malkin@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	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК-4	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

квантово-статистическое описание магнитных свойств диэлектриков; полупроводников и металлов; особенности магнитных свойств низкоразмерных систем

Должен уметь:

решать уравнения движения для намагниченности, моделировать спектры магнитного резонанса, вычислять скорости релаксации

Должен владеть:

навыками вычислений термодинамических свойств магнитных систем (статической восприимчивости, намагниченности и теплоемкости) и спектральных характеристик парамагнитных кристаллов

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.9 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 8 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 64 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 36 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 44 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 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	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Магнитный момент.	8	1	2	0	2
2.	Тема 2. Статическая магнитная восприимчивость.	8	2	2	0	2
3.	Тема 3. Динамическая магнитная восприимчивость.	8	1	2	0	2
4.	Тема 4. Магнитный резонанс.	8	2	2	0	2
5.	Тема 5. Статическое кристаллическое поле.	8	1	2	0	4
6.	Тема 6. Ядерный магнетизм.	8	2	2	0	2
7.	Тема 7. Тонкая, сверхтонкая и суперсверхтонкая структура спектров ЭПР	8	1	2	0	2
8.	Тема 8. Орбитально-решеточное взаимодействие. Формализм матрицы плотности в квантовой теории релаксации.	8	2	2	0	2
9.	Тема 9. Термодинамика парамагнетиков.	8	1	2	0	2
10.	Тема 10. Спин-решеточная релаксация.	8	2	2	0	2
11.	Тема 11. Уширение спектральных линий	8	1	2	0	2
12.	Тема 12. Форма линии магнитного резонанса.	8	2	2	0	4
13.	Тема 13. Эффект Яна-Теллера.	8	1	2	0	2
14.	Тема 14. Кооперативный эффект Яна-Теллера.	8	3	2	0	2
15.	Тема 15. Квантовое туннелирование намагниченности.	8	1	2	0	2
16.	Тема 16. Магнетизм низкоразмерных систем.	8	2	2	0	2
4.2	Содержание дисциплины (модуля)	8	1	2	0	2
Тема 1.	Магнитный момент. Спиновое эхо. Поляризация ядер.	8	1	2	0	2
Тема 18.	Ядерная релаксация и магнитный момент электронов, ядер, атомов и ионов. Типы магнетиков. Теорема Ван-Левен. Спиновый магнитный момент.	8	2	2	0	6
	Итого		28	36	0	44

## Тема 2. Статическая магнитная восприимчивость.

Основы теории кристаллического поля. Моделирование спектров парамагнитных ионов. Статическая магнитная восприимчивость. Формула Ван-Флека.

### **Тема 3. Динамическая магнитная восприимчивость.**

Теория динамической магнитной восприимчивости. Термодинамические двухвременные функции Грина для намагниченности. Флуктуационно-диссипативная теорема.

### **Тема 4. Магнитный резонанс.**

Магнитный резонанс. Уравнения Блоха и их решения. Электронные парамагнетики. Парамагнитные ионы.

### **Тема 5. Статическое кристаллическое поле.**

Гамильтониан парамагнитного иона в кристаллическом поле. Ковалентность, молекулярные орбитали. Метод Гайтлера-Лондона. Метод LCAO. Электронные спектры ионов переходных и редкоземельных металлов.

### **Тема 6. Ядерный магнетизм.**

Ядерный магнетизм. Квадрупольные моменты ядер. Магнитное и квадрупольное сверхтонкие взаимодействия. Суперсверхтонкое взаимодействие. Межионные магнитные взаимодействия.

### **Тема 7. Тонкая, сверхтонкая и суперсверхтонкая структура спектров ЭПР**

Эффективный спиновый гамильтониан. Тонкая, сверхтонкая и суперсверхтонкая структура спектров ЭПР. Ванфлековские парамагнетики.

### **Тема 8. Орбитально-решеточное взаимодействие. Формализм матрицы плотности в квантовой теории релаксации.**

Адиабатическое приближение. Гамильтониан орбитально-решеточного взаимодействия. Формализм матрицы плотности в квантовой теории релаксации. Кинетическое уравнение для спиновой матрицы плотности. Вывод уравнений движения для диагональных элементов матрицы плотности с учетом электрон-фононного взаимодействия

### **Тема 9. Термодинамика парамагнетиков.**

Термодинамика парамагнетиков. Спиновая температура. Релаксация спиновой температуры. Вывод формулы Гортера.

### **Тема 10. Спин-решеточная релаксация.**

Квантовая теория релаксации. Вероятности однофононных переходов. Двухфононная спин-решеточная релаксация. Резонансная флуоресценция фононов. Эффект узкого фононного горла в магнитной релаксации.

#### **Тема 11. Уширение спектральных линий**

Релаксационное уширение. Адиабатическое уширение. Расчет сдвига частоты перехода в зависимости от температур

#### **Тема 12. Форма линии магнитного резонанса.**

Метод моментов. Дипольное уширение. Обменное сужение. Статистическая теория формы линии. Сужение резонансных линий за счет движения.

#### **Тема 13. Эффект Яна-Теллера.**

Статический эффект Яна-Теллера в электронном дублете. Динамический эффект Яна-Теллера в электронном дублете. ЭПР спектры при учете эффекта Яна-Теллера .

#### **Тема 14. Кооперативный эффект Яна-Теллера.**

Кооперативный эффект Яна-Теллера в системах с дублетным основным состоянием. Эффективный спиновый гамильтониан с учетом орбитального вырождения.

#### **Тема 15. Квантовое туннелирование намагниченности.**

Теория туннелирования Ландау-Зенера. Туннелирование магнитных моментов в разбавленных парамагнетиках.

#### **Тема 16. Магнетизм низкоразмерных систем.**

Магнетизм низкоразмерных систем. Магнитные свойства спиновых цепочек. Изинговские системы. Эффекты, обусловленные геометрической фрустрацией.

#### **Тема 17. Переходные явления. Спиновое эхо. Поляризация ядер.**

Переходные явления. Поляризация ядер. Двух- и трехимпульсное спиновое эхо. Измерения времен фазовой и спин-решеточной релаксации.

## **Тема 18. Ядерная релаксация и спиновая диффузия.**

Ядерная релаксация через парамагнитные примеси, спиновая диффузия. Моделирование скорости ядерной спин-решеточной релаксации. Эффекты, обусловленные кросс-релаксацией и антипересечениями подуровней примесных парамагнитных ионов.

### **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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

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

Малкин, Б.З. Квантовая теория парамагнетизма. [Электронный ресурс] / Б.З. Малкин, Э.И. Байбеков // Учебное пособие. Изд. второе, доп., перераб.? Казань: Казан. ун-т, 2015. ? 115 с. - <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/20300>

### **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)**

Библиотека Library Genesis - <http://gen.lib.rus.ec>

методические материалы кафедры ТФ -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

Образовательный проект А.Н. Варгина - <http://www.ph4s.ru/index.html>

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

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов, по подготовке домашнего задания, подготовке к контрольной работе, к устному опросу.

Можно выделить несколько видов самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины.

Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом:

- 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.

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.

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. 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.

Подготовка к контрольным работам. То, как студент научился самостоятельно решать задачи, преподаватель проверяет посредством проведения контрольных работ, на которых от студента требуется решить несколько задач из числа тех, которые решались в аудитории, и тех, которые были заданы в качестве домашней работы. Таким образом, для успешной подготовки к контрольным работам необходимо научиться самостоятельно воспроизводить решения разобранных на занятиях задач и задач домашних заданий в соответствии с рекомендациями для подготовки домашнего задания, приведенными выше.



Подготовка к устному опросу. Устный опрос проводится с целью проверить, как на данном этапе обучения усвоен лекционный материал и/или материал, отведённый на самостоятельное изучение. Рекомендации по изучению соответствующих материалов приведены выше. При подготовке следует иметь в виду, что во время устного опроса:

- нужно уметь сформулировать определения изученных величин, понятий и т.д.;
- нужно уметь сформулировать изученные законы, теоремы, утверждения, постулаты и т.д.,
- по каждой теме или подтеме нужно уметь вкратце словами раскрыть суть того, что в ней излагается;
- нужно уметь сформулировать словами, на чем основаны доказательства изученных утверждений и формул, указать сделанные при этом приближения и принятые допущения.

#### **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.

Компьютерный класс.

#### **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 "не предусмотрено".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

#### Основная литература:

1. 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. - URL: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1917339624/DynamicsSpinParamagnets\\_Aminov\\_Malkin.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1917339624/DynamicsSpinParamagnets_Aminov_Malkin.pdf)
2. Малкин Б.З., Байбеков Э.И., Квантовая теория парамагнетизма. Конспект лекций, Учебное пособие, Изд. Казанского университета, 2015. - 102 с. - URL: [http://kpfu.ru/docs/F800871619/quant\\_theory\\_param.pdf](http://kpfu.ru/docs/F800871619/quant_theory_param.pdf)
3. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. - 3-е изд. (эл.). - Москва: Лаборатория знаний, 2015. - 296 с. Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/70766>

#### Дополнительная литература:

1. Актуальные проблемы физики конденсированных сред / Науч. ред. Б. З. Малкин, Ю. Н. Прошин .- Казань : Новое Знание, 2004 .- 404 с.  
[http://kpfu.ru/portal/docs/F1164265403/Modern\\_Problems\\_in\\_Condensed\\_Matter\\_Physics.Vol.1.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1164265403/Modern_Problems_in_Condensed_Matter_Physics.Vol.1.pdf)
2. Владимиров, Г.Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г.Г. Владимиров. ? Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 352 с. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71707>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.9 Физика магнитных систем

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

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

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 "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

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.