

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1154662	Фундаментальный и прикладной магнетизм

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Фундаментальная и прикладная физика	Код ОП 1. 03.05.02/33.01
Направление подготовки 1. Фундаментальная и прикладная физика	Код направления и уровня подготовки 1. 03.05.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Васьковский Владимир Олегович	доктор физико- математических наук, профессор	Заведующий кафедрой	магнетизма и магнитных наноматериалов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Фундаментальный и прикладной магнетизм**

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Фундаментальный и прикладной магнетизм» включает дисциплины, позволяющие углубить базовый уровень знаний по вопросам классического и квантового описания явления магнитного упорядочения и сопутствующих ему эффектов. Значительное внимание уделяется физике взаимодействия сред, обладающих различной магнитной структурой, с внешним магнитным полем, в том числе закономерностям перемангничивания, которые определяют техническое приложение магнетиков как в квазистатическом, так и в динамическом режимах. Наряду с этим рассматривается роль магнетизма среды и внешнего магнитного поля в формировании ряда квантовых явлений, таких как сверхпроводимость, эффект Джозефсона, квантовый эффект Холла, которые также находят применение в технике высокого уровня. Дисциплины, посвященные квазистатике и динамике перемангничивания, предусматривают практическое знакомство студентов с соответствующими явлениями при выполнении лабораторных работ специального практикума. Освоение данного модуля является важной составляющей подготовки выпускников к реальной научной деятельности.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Основы квантовой теории магнетизма	3
2	Магнитополевые эффекты I: квазистатическое намагничивание	3
3	Магнитополевые эффекты II: магнитодинамика	4
4	Магнитополевые эффекты III: квантовые явления	4
ИТОГО по модулю:		14

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Общая физика2. Общий физический практикум3. Физика конденсированного состояния
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Методическое обеспечение научных исследований2. Специальные вопросы магнетизма3. Физика и дизайн магнитных материалов

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Магнитополевые эффекты I: квазистатическое намагничивание	ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты	З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление
	ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	З-1 - Сделать обзор основных методов теоретических и экспериментальных физических исследований У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности
	ПК-4 - Способен применять нормы техники безопасности и охраны труда при организации работ со сложным экспериментальным оборудованием	З-1 - Сформулировать требования техники безопасности и охраны труда, пожаробезопасности и электробезопасности при работе с экспериментальным оборудованием У-1 - Самостоятельно применять требования к безопасному выполнению работ при работе со сложным экспериментальным оборудованием

		<p>У-2 - Оказывать первую (доврачебную) помощь пострадавшему в зависимости от травмы</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт применения норм техники безопасности и охраны труда при организации работ со сложным экспериментальным оборудованием</p>
Магнитопольевые эффекты II: магнитодинамика	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов теоретических и экспериментальных физических исследований</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности</p>
	<p>ПК-4 - Способен применять нормы техники безопасности и охраны труда при организации работ со сложным экспериментальным оборудованием</p>	<p>З-1 - Сформулировать требования техники безопасности и охраны труда, пожаробезопасности и электробезопасности при работе с экспериментальным оборудованием</p> <p>У-1 - Самостоятельно применять требования к безопасному выполнению работ при работе со сложным экспериментальным оборудованием</p> <p>У-2 - Оказывать первую (доврачебную) помощь пострадавшему в зависимости от травмы</p>

		<p>П-1 - Иметь практический опыт применения норм техники безопасности и охраны труда при организации работ со сложным экспериментальным оборудованием</p>
<p>Магнитополевые эффекты III: квантовые явления</p>	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния</p>	<p>З-2 - Классифицировать основные методы математического и алгоритмического моделирования, применимые для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач</p> <p>П-2 - Разрабатывать методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении поставленных задач в области профессиональной деятельности</p>
<p>Основы квантовой теории</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области</p>

магнетизма	<p>прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния</p>	<p>З-2 - Классифицировать основные методы математического и алгоритмического моделирования, применимые для решения задач в области профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Основы квантовой теории магнетизма

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Бострем Ирина Геннадьевна	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Бострем Ирина Геннадьевна, Доцент, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Орбитальный и спиновый магнетизм	Электрон в магнитном поле. Уровни Ландау. Квантовый эффект Холла. Парамагнетизм Паули. Кристаллическое поле.
P2	Обменное взаимодействие	Прямой обмен. Методы Хартри-Фока. Сверхобмен. Теория Андерсона. Косвенный обмен.
P3	Магнитные фазовые переходы.	Фазовые переходы второго порядка. Корреляционная длина. Критические экспоненты. Законы скейлинга.
P4	Теория среднего поля	Молекулярное поле. Магнитная восприимчивость и спонтанная намагниченность. Типы магнитного упорядочения.
P5	Модель Изинга и XY модель.	Решение в отсутствие поля. Спиновая цепочка $\frac{1}{2}$. Переходы Костерлиц-Таулесса в двумерной XY модели.
P6	Спиновые волны	Элементарные возбуждения и магноны. Нелинейные спиновые волны. Термодинамика магнонов
P7	Квантовые спиновые цепочки	Теоремы Либа-Маттиса -Шульца и Маршалла. Нелинейная σ -модель для антиферромагнитной цепочки

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной	Вид воспитательной	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
----------------------------	--------------------	--	-------------	---------------------

деятельности	деятельности			
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы квантовой теории магнетизма

Электронные ресурсы (издания)

1. Вонсовский, С. В.; Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков : монография.; Наука, Москва; 1971; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483412> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Уайт, Р. М.; Квантовая теория магнетизма; Мир, Москва; 1972 (7 экз.)
2. Уайт Роберт, М., Либерман, М. А., Боровик-Романов, А. С., Питаевский, Л. П.; Квантовая теория магнетизма; Мир, Москва; 1985 (8 экз.)
3. Мейлихов, Е. З.; Магнетизм. Основы теории : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2014 (1 экз.)
4. Мейлихов, Е. З.; Магнетизм. Основы теории : [учебное пособие].; Издательский дом Интеллект, Долгопрудный; 2014 (5 экз.)
5. Skomski, R.; Simple models of magnetism; Oxford University Press, Oxford; 2012 (1 экз.)
6. Levy, L.-P.; Magnetism and superconductivity; Springer, Berlin; 2000 (1 экз.)
7. Изюмов, Ю. А.; Магнетизм коллективизированных электронов; Физматлит, Москва; 1994 (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru/rus/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы квантовой теории магнетизма

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Рабочее место преподавателя	
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс</p> <p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Магнитополевые эффекты I:
квазистатическое намагничивание

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Васьковский Владимир Олегович	доктор физико- математических наук, профессор	Заведующий кафедрой	магнетизма и магнитных наноматериалов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Васьковский Владимир Олегович, Заведующий кафедрой, магнетизма и магнитных наноматериалов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Основные физические характеристики магнетиков, определяющие качественные и количественные параметры процессов намагничивания и перемагничивания.
P2	Намагничивание монокристаллов	Кривые намагничивания неограниченных монокристаллов гексагональной и кубической симметрии вдоль основных кристаллографических направлений. Намагничивание пластины одноосного магнетика путём смещения доменных границ. Кривые намагничивания эллипсоидального магнитоодноосного образца при учёте вращения намагниченности и смещения доменных границ. Изотропный двухподрешёточный ферримагнетик: кривая намагничивания; магнитные фазовые переходы, индуцированные магнитным полем; фазовая T-H диаграмма. Кривая намагничивания трёхподрешёточного ферримагнетика. Магнитоодноосный антиферромагнетик: кривые намагничивания вдоль и перпендикулярно оси лёгкого намагничивания (ОЛН). Характер намагничивания вдоль ОЛН в зависимости от соотношения величин обменного взаимодействия и магнитной анизотропии. Метамагнетики. Зонные магнетики в сильном магнитном поле.

Р3	Намагничивание реальных магнетиков	<p>Основные характеристики процесса намагничивания. Эмпирический закон Релея.</p> <p>Намагничивание путём вращения намагниченности в слабых полях: начальная восприимчивость в поликристаллических образцах с различным характером магнитной анизотропии.</p> <p>Намагничивание в сильных магнитных полях: закон приближения к насыщению для одноосных и многоосных магнетиков. Закон приближения к насыщению в аморфных магнетиках.</p> <p>Намагничивание путём смещения доменных границ. Уравнение энергетического баланса Кондорского. Различные модели начальной восприимчивости: напряжений, гибкой доменной стенки, включений.</p>
Р4	Магнитный гистерезис	<p>Формальное описание магнитного гистерезиса. Петля гистерезиса Релея. Диаграмма Преайзаха.</p> <p>Необратимое вращение вектора намагниченности в одноосном и многоосных кристаллах.</p> <p>Микромагнитный подход к описанию процесса перемагничивания. Модели неоднородного перемагничивания бесконечного цилиндра: "закручивание", "изгиб".</p> <p>Парадокс Брауна. Влияние дефектов на магнитный гистерезис, обусловленный необратимым вращением намагниченности. Особенности магнитной структуры и магнитного гистерезиса мелких частиц.</p> <p>Необратимое смещение доменных границ. Коэрцитивная сила в моделях напряжений, включений. Тонкие доменные границы.</p>
Р5	Решение задач	Решение оригинальных задач по основным разделам дисциплины: намагничивание монокристаллов, намагничивание реальных магнетиков, магнитный гистерезис.
36	Лабораторный практикум	Лабораторные работы в специальной учебной лаборатории по магнетизму

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для	Технология формирования уверенности и готовности к	ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических	У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках

	использования в практических целях	самостоятельной успешной профессиональной деятельности	исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	рассматриваемой проблемы
--	------------------------------------	--	---	--------------------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитополевые эффекты I: квазистатическое намагничивание

Электронные ресурсы (издания)

1. Боровик, Е. С.; Лекции по магнетизму : курс лекций.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475> (Электронное издание)
2. Гуфан, А. Ю.; Физика магнитных явлений : учебник.; Издательство Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Таганрог; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/115544.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Боков, В. А.; Физика магнетиков : учеб. пособие для вузов.; ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург; 2002 (50 экз.)
2. Иванов, С. В.; Избранные главы физики: Магнетизм. Магнитный резонанс. Фазовые переходы : курс лекций.; [Изд-во ЛКИ, Москва; 2008] (1 экз.)
3. Мушников, Н. В.; Магнетизм и магнитные фазовые переходы : учебное пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2017 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib.urfu.ru/rus/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>

2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитополевые эффекты I: квазистатическое намагничивание

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES

5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acadmс</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p>

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Магнитополевые эффекты II:
магнитодинамика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Васьковский Владимир Олегович	доктор физико- математических наук, профессор	Заведующий кафедрой	магнетизма и магнитных наноматериалов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Васьковский Владимир Олегович, Заведующий кафедрой, магнетизма и магнитных наноматериалов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Раздел 1	Введение	Динамические магнитные характеристики: динамическая петля гистерезиса и её количественные параметры; комплексная магнитная проницаемость и её связь с параметрами электрической цепи. Принципы измерения динамических магнитных характеристик.
Раздел 2	Влияние вихревых токов на магнитные свойства магнетиков	Магнитное поле в проводящем ферромагнитном полупространстве. Влияние вихревых токов на составляющие комплексной магнитной проницаемости и потери энергии на перемагничивание. Роль доменных границ в формировании потерь энергии. Пути снижения потерь энергии в электротехнической стали.
Раздел 3	Резонансные и релаксационные явления в области средних частот перемагничивания	Переменное магнитное поле в диэлектрике. Размерный резонанс. Магнитострикционный резонанс. Магнитное последствие. Уравнение магнитной вязкости. Релаксационный спектр. Влияние магнитного последствия на составляющие комплексной магнитной проницаемости. Термическое последствие. Диффузионное последствие и связанные с ним особенности свойств магнетиков.
Раздел 4	Магнитный резонанс	Природа магнитного резонанса. Уравнение Ландау-Лифшица. Прецессия магнитного момента без затухания и при наличии диссипации энергии. Классическая интерпретация природы магнитного резонанса. Элементы классической теории магнитного резонанса. Магнитный спектр. Ферромагнитный

		резонанс в образцах конечных размеров. Влияние магнитной анизотропии и доменных границ на частоту ФМР. Магнитный резонанс в ферри- и антиферромагнетиках. Спиновые волны в линейной цепочке магнитных моментов. Спин-волновой резонанс. Релаксация магнитного момента. Уравнение Блоха. Ядерный магнитный резонанс. Его особенности в сильномагнитных веществах. Эффект Мёссбауэра. Условия наблюдения. Факторы, влияющие на резонансный спектр.
Раздел 5	Элементы динамики доменных границ	Механизм движения доменных границ с позиции уравнения Ландау-Лифшица. Эффективная масса доменной границы. Уравнение Дёринга. Релаксация и резонанс доменных границ.
Раздел 6	Решение задач	Решение оригинальных задач по тематике дисциплины: магнитодинамика низких и средних частот перемагничивания; магнитный резонанс; динамика доменных границ.
Раздел 7	Лабораторные работы	Лабораторные работы в специализированной учебной лаборатории по магнетизму

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитополевые эффекты II: магнитодинамика

Электронные ресурсы (издания)

1. Шавров, В. Г.; Ферромагнитный резонанс в условиях ориентационного перехода : монография.; Физматлит, Москва; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612825> (Электронное издание)
2. Шавров, В. Г.; Динамика намагниченности в условиях изменения её ориентации : монография.; Физматлит, Москва; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612823> (Электронное издание)
3. Боровик, Е. С.; Лекции по магнетизму : курс лекций.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475> (Электронное издание)
4. Стародубцев, Ю. Н.; Магнитомягкие материалы: энциклопедический словарь-справочник : словарь.; Техносфера, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496593> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Боровик, Е. С., Еременко, В. В., Мильнер, А. С.; Лекции по магнетизму; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (2 экз.)
2. Боровик, Е. С.; Лекции по магнетизму; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (22 экз.)
3. Стародубцев, Ю. Н.; Физические свойства и применение магнитомягких материалов : [монография].; Горячая линия - Телеком, Москва; 2020 (2 экз.)
4. Стародубцев, Ю. Н.; Магнитомягкие материалы : энцикл. слов.-справ.; Техносфера, Москва; 2011 (2 экз.)
5. Филиппов, Б. Н.; Ч. 2 : [в 2 ч.].; УрО РАН, Екатеринбург; 2020 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://lib2.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL: <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитополевые эффекты II: магнитодинамика

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения

1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p> <p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p> <p>Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES</p>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	Не требуется
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<p>Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc</p>

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
--	--	--	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Магнитополевые эффекты III: квантовые
явления

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Памятных Евгений Алексеевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	теоретической и математической физики

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 14.05.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Памятных Евгений Алексеевич, Профессор, теоретической и математической физики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Квантовая статистическая термодинамика электронной системы металлов	- Электронная система металлов в квантующем магнитном поле. - Основные соотношения квантовой статистической термодинамики. - Термодинамические восприимчивости в различных условиях.
P2	Магнитные квантовые осцилляционные эффекты	- Эффект де Гааза – ван Альфена. - Магнитотермические осцилляции. - Квантовая магнитострикция. - Методы наблюдения квантовых осцилляционных эффектов. - Температурная зависимость амплитуды осцилляций и определение эффективных масс электронов.
P3	Неустойчивости намагниченности в квантующем магнитном поле (эффект Шенберга)	- Эффект Шенберга (низкотемпературные неустойчивости намагниченности электронной жидкости). - Квантовые осцилляции в условиях эффекта Шенберга. - Квантовые осцилляции и эффект Шенберга в релятивистском электронном газе.

P4	Квантовые осцилляции в неоднородном магнитном поле.	<ul style="list-style-type: none"> - Магнитные квантовые осцилляции в неоднородном магнитном поле. - Неустойчивости относительно возникновения статических волн намагниченности.
P5	Электромагнитные волны в металлах	<ul style="list-style-type: none"> - Продольные электронные волны – плазмоны. - Поверхностные плазмоны. - Циклотронные электромагнитные волны. - Вращение плоскости поляризации в магнитном поле. - Низкочастотные спиральные электромагнитные волны – геликоны. - Спиновые волны в металлах.
P6	Квантовые волны в металлах	<ul style="list-style-type: none"> - Электромагнитные волны в металлах в условиях квантования спектра энергий электронов. - Спиновые квантовые волны.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области	З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитополевые эффекты III: квантовые явления

Электронные ресурсы (издания)

1. Гриб, А. А.; Квантовые эффекты в интенсивных внешних полях: методы и результаты, не связанные с теорией возмущений : монография.; Атомиздат, Москва; 1980; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499384> (Электронное издание)
2. Абрикосов, А. А.; Методы квантовой теории поля в статистической физике; Физматгиз, Москва; 1962; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483334> (Электронное издание)
3. Пайнс, Д., Д., Абрикосов, А. А.; Теория квантовых жидкостей: нормальные ферми-жидкости; Мир, Москва; 1967; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483393> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Окулов, В. И.; Низкотемпературные магнитные квантовые осцилляции в металлах : учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2004 (40 экз.)
2. Зырянова, Н. П., В. И.; Электронные квантовые волны в магнитном поле; URSS, Москва; 2020 (1 экз.)
3. Крэкнелл, А. Ф., Кравченко, В. Я, Уонг, К.; Поверхность Ферми : Понятие поверхности Ферми, ее определение и использование в физике металлов: Пер. с англ.; Атомиздат, Москва; 1978 (4 экз.)
4. Крэкнелл, А. Ф.; Поверхность Ферми : Понятие поверхности Ферми, ее определение и использование в физике металлов.; Атомиздат, Москва; 1978 (5 экз.)
5. Шенберг, Шенберг Д., Каганов, М. И.; Магнитные осцилляции в металлах; Мир, Москва; 1986 (1 экз.)
6. , Варшавская, Л. С., Займан, Д. М., Пиппард, А., Хейне, В., Шенберг, Д.; Физика металлов : В 2 т. Т. 1. Электроны ; Мир, Москва; 1972 (8 экз.)
7. Лифшиц, И. М.; Электронная теория металлов; Наука, Москва; 1971 (15 экз.)
8. Абрикосов, А. А., Фальковский, Л. А.; Основы теории металлов : [учеб. пособие].; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2010 (1 экз.)
9. Пайнс, Д.; Теория квантовых жидкостей : Нормальные ферми-жидкости.; Мир, Москва; 1967 (5 экз.)
10. Платцман, Ф., Мейлихов, Е. З., Скобов, В. Г.; Волны и взаимодействия в плазме твердого тела; Мир, Москва; 1975 (1 экз.)
11. Уайт Роберт, М., Либерман, М. А., Боровик-Романов, А. С., Питаевский, Л. П.; Квантовая теория магнетизма; Мир, Москва; 1985 (8 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

elar.urfu.ru

lib.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. URL : <http://www.rsl.ru>

2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. URL : <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Магнитополевые эффекты III: квантовые явления

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA1 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr Faculty EES

		Подключение к сети Интернет	
--	--	-----------------------------	--