

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
1154620	Актуальные проблемы теории конденсированного состояния

Екатеринбург

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

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Москвин Александр Сергеевич	доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	теоретической и математической физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Актуальные проблемы теории конденсированного состояния

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Дисциплина «Теория и свойства низкоразмерных и наноскопических систем» дает студентам основные сведения о фундаментальных понятиях физики материалов с ограниченной пространственной и спиновой размерностью, с современными методами теоретических исследований низко- и наноразмерных материалов. На примере изучения моделей, используемых в теории низкоразмерного магнетизма (модель Изинга, XY-модель), студенты получают представление об особенностях физического поведения низкоразмерных структур. Рассматриваются «новые» низкоразмерные системы типа графена, скирмионных кристаллов и топологических изоляторов. Студенты знакомятся с физикой "топологически защищенных" квантовых состояний. В дисциплине «Теория сверхпроводимости» рассматривается как феноменологическая теория сверхпроводимости, так и различные микроскопические теории, начиная с теории Бардина-Купера-Шриффера, и современные теории высокотемпературной сверхпроводимости. Дисциплина «Сильнокоррелированные электронные системы» посвящен описанию физических свойств и теории электронных систем с сильными корреляциями – квантовые магнетики, системы тяжелых фермионов, высокотемпературные сверхпроводники, системы с колоссальным магнитосопротивлением, мультиферроики. Рассматривается модель Хаббарда, модель Андерсона, псевдоспиновые модели, LDA+U-, LDA+DMFT-модели.

## 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	Теория и свойства низкоразмерных и наноскопических систем	4
2	Теория сверхпроводимости	4
3	Сильнокоррелированные электронные системы	4
ИТОГО по модулю:		12

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Теоретическая физика</li><li>2. Нелинейная физика</li><li>3. Общие вопросы теоретической физики</li><li>4. Теория конденсированного состояния</li><li>5. Специальные вопросы физики конденсированного состояния</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Дополнительные главы физики конденсированного состояния</li></ol>

--	--

#### 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
Сильнокоррелированные электронные системы	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области 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>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных явлений, медицинской и	<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>

	теоретической физики, физики конденсированного состояния	П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач
Теория и свойства низкоразмерных и наноскопических систем	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области 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>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</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>З-1 - Сделать обзор основных методов теоретических и экспериментальных физических исследований</p> <p>У-1 - Самостоятельно формулировать задачу в рамках рассматриваемой проблемы</p>
Теория сверхпроводимости	ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать	З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и

сти	<p>фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>прикладных задач в профильной области 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>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований 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>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>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория и свойства низкоразмерных и**  
**наноскопических систем**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Москвин Александр Сергеевич	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:

- Москвин Александр Сергеевич, 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	Модель Изинга.	Одномерная модель Изинга. Трансфер-матрицы. Корреляционная функция. Глауберовская динамика. Критическое замедление.
P2	XУ модель.	XУ-цепочка спинов-1/2. Классическая одномерная XУ-модель. Переход Костерлица-Таулесса в двумерной XУ-модели.
P3	Спиновые волны.	Спиновая гидродинамика. Элементарные возбуждения и магноны. Преобразование Хольштейна-Примакова. Магнонная термодинамика. Дипольные взаимодействия и магнитостатические моды.
P4	Квантовые спиновые цепочки.	Одномерные планарные XУ-системы. Уравнение синус-Гордона. Теорема Либа-Шульца-Маттиса. Теорема Маршалла. Состояние валентных связей. Состояние Маджумара-Гоша. АКЛТ-состояние. Физическая интерпретация состояния халдейновской жидкости. Нелинейная сигма-модель антиферромагнитных цепочек.
P5	Бозонизация.	Латтинжеровская жидкость. Модель бесспиновых фермионов. Корреляции. Правила бозонизации. XXZ спиновая цепочка спина 1/2.
P6	Низкоразмерные электронные системы	Критерии низкоразмерности электронной системы. Термодинамическая неустойчивость одно и двумерных систем. Состояние вигнеровского кристалла, пайерлсовская



		<p>неустойчивость (качественно). Отсутствие долгоживущих квазичастиц в одномерном случае, локализация на случайном потенциале в одномерном и двумерном случае. Квантование одномерной проводимости. Наблюдение квантового эффекта Холла, метрологическая значимость эффекта. Двумерные электроны в квантующем магнитном поле: уровни Ландау и их заполнение. Связь заполнения уровней Ландау с наблюдением квантового эффекта Холла</p>
--	--	---

### 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	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	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

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория и свойства низкоразмерных и наноскопических систем

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Погосов, В. В.; Введение в физику зарядовых и размерных эффектов: Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68819> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Изюмов, Ю. А.; Статистическая механика магнитоупорядоченных систем; Наука, Москва; 1987 (5 экз.)

2. Изюмов, Ю. А., Кацнельсон, М. И., Скрыбин, Ю. Н.; Магнетизм коллективизированных электронов; Наука, Москва; 1994 (4 экз.)
3. Бэкстер, Р., Вольский, Е. П., Дайхин, Л. И., Бродский, А. М.; Точно решаемые модели в статистической механике; Мир, Москва; 1985 (2 экз.)
4. Цвелик, А. М., Алексей М., Островский, П. М., Фоминов, Я. В.; Квантовая теория поля в физике конденсированного состояния; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2004 (1 экз.)
5. Поляков, А. М.; Калибровочные поля и струны; Удмуртский университет, Ижевск; 1999 (1 экз.)
6. Демиховский, В. Я.; Физика квантовых низкоразмерных структур : Учеб. пособие.; Логос, Москва; 2000 (5 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Электронная научная библиотека. <https://elibrary.ru>
2. Университетская библиотека онлайн. <http://biblioclub.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://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**

### **Теория и свойства низкоразмерных и наноскопических систем**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Подключение к сети Интернет	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	
--	--	--	--

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория сверхпроводимости**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Москвин Александр Сергеевич	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:

- Москвин Александр Сергеевич, 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	Введение.	История открытия и развития физики сверхпроводников
P2	Основные физические свойства сверхпроводников.	<p>Критическая температура сверхпроводящего перехода и незатухающий постоянный ток. Подавление сверхпроводимости внешним магнитным полем. Эффект Мейсснера. Сверхпроводимость I и II рода. Тепловые свойства сверхпроводников – теплоемкость, теплопроводность.</p> <p>Термодинамика сверхпроводящего перехода в массивном сверхпроводнике. Свободная энергия цилиндрического образца сверхпроводника I рода в магнитном поле. Энтропия сверхпроводящего состояния. Различие характера сверхпроводящих переходов при наличии внешнего магнитного поля и в его отсутствии. Скачок теплоемкости при сверхпроводящем переходе.</p> <p>Лондоновская электродинамика сверхпроводимости. Сверхпроводящий ток и эффект Мейсснера в рамках уравнения Лондонов. Глубина проникновения магнитного поля. Основные физические представления двухжидкостной модели сверхпроводимости. Величина лондоновской глубины проникновения магнитного поля в рамках двухжидкостной модели.</p>

P3	Электромагнитные свойства сверхпроводников I рода.	<p>Нелокальная связь между плотностью тока и вектором-потенциалом магнитного поля в сверхпроводниках. Длина когерентности. Промежуточное состояние сверхпроводника I рода в сильном магнитном поле. Промежуточное состояние для плоскопараллельной пластины в перпендикулярном магнитном поле. Критический ток в толстой проволоке из сверхпроводника I рода (правило Силсби). Промежуточное состояние в толстой проволоке с закритическим током.</p>
P4	Теория Гинзбурга-Ландау и электродинамика сверхпроводников II рода.	<p>Свободная энергия сверхпроводника в теории ГЛ. Дифференциальные уравнения ГЛ для параметра порядка и вектора-потенциала магнитного поля и их граничные условия. Характерные длины уравнений ГЛ – длина когерентности ГЛ, глубина проникновения. Параметр теории ГЛ <math>\xi</math>. Градиентная инвариантность уравнений ГЛ.</p> <p>Критический ток в тонкой пленке. Квантование магнитного потока. Явление захвата магнитного потока в сверхпроводнике. Тонкая пленка в продольном магнитном поле. Энергия границы раздела между нормальной и сверхпроводящей фазами. Границы применимости теории Гинзбурга-Ландау.</p> <p>Физическая картина смешанного состояния в сверхпроводниках II рода. Второе критическое поле. Распределение напряженности магнитного поля вокруг изолированной вихревой нити и первое критическое поле. Взаимодействие вихрей и сила Лоренца. Критический ток в сверхпроводнике II рода, центры пиннинга и модель критического состояния. Резистивное состояние сверхпроводников II рода.</p>
P5	Теория Бардина-Купера-Шриффера.	<p>Косвенное взаимодействие электронов через фононы. Физическая картина механизма притяжения электронов через колебания решетки. Причины ограничения эффективного интервала притяжения дебаевской частотой.</p> <p>Микроскопическая теория Бардина-Купера-Шриффера. Феномен Купера. Куперовская модельная задача о притяжении двух электронов на фоне фермиевского газа невзаимодействующих электронов. Энергия связанного состояния двух электронов и его волновая функция. Неустойчивость основного нормального состояния в случае притяжения между двумя электронами.</p> <p>Модельный гамильтониан БКШ. Волновая функция основного состояния в модели БКШ. Энергия основного состояния. Возбужденные состояния в модели БКШ при нулевой температуре, каноническое преобразование Боголюбова и энергетическая щель в спектре элементарных возбуждений.</p> <p>Модель БКШ при конечных температурах. Приближение среднего самосогласованного поля в гамильтониане БКШ и аномальные средние. Аномальные средние и самосогласованные уравнения для энергетической щели при конечных температурах в методе двухвременных температурных функций Грина. Критическая температура</p>

		сверхпроводящего перехода и температурная зависимость энергетической щели. Термодинамический потенциал в модели БКШ, энтропия и скачок теплоемкости.
<b>P6</b>	Высокотемпературная сверхпроводимость.	Сверхпроводимость с необычным спариванием, экзотические механизмы, бозонная сверхпроводимость. Особенности сверхпроводящих свойств высокотемпературных сверхпроводников и d-симметрия сверхпроводящей щели. Фазовые диаграммы купратов, никелатов и пниктидов. Псевдощелевое поведение.  Разложение спаривательного взаимодействия по плоским волнам в модели двумерной ферми-жидкости. Температура сверхпроводящего перехода и величина сверхпроводящей щели при нулевой температуре в модели БКШ с d-спариванием.
<b>P7</b>	Слабая сверхпроводимость.	Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона. Градиентно-инвариантная формулировка уравнения для плотности джозефсоновского тока во внешнем магнитном поле. Зависимость величины плотности сверхпроводящего тока узкого джозефсоновского контакта от внешнего магнитного поля. Проникновение внешнего магнитного поля в протяженный джозефсоновский контакт и уравнение Феррелла-Прейнджа для разности фаз сверхпроводящих параметров порядка в протяженном контакте. Первое критическое поле протяженного джозефсоновского контакта и джозефсоновские вихри. Двухконтактный сквид и его применение для измерения сверхмалых магнитных полей.

### 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	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-1 - Владеет методами экспериментальных и теоретических исследований и алгоритмического моделирования для решения профессиональных задач в области физики магнитных	У-2 - Определять оптимальные методы физического, математического и алгоритмического моделирования при решении задач в области профессионально



			явлений, медицинской и теоретической физики, физики конденсированного состояния	й деятельности
--	--	--	--	----------------

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Теория сверхпроводимости**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Жен, П. д., П. де, Горьков, Л. П.; Сверхпроводимость металлов и сплавов; Мир, Москва; 1968; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481355> (Электронное издание)
2. Тилли, Д. Р., Гинзбург, В. Л.; Сверхтекучесть и сверхпроводимость; Мир, Москва; 1977; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481412> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Киттель, Ч., Гусев, А. А.; Квантовая теория твердых тел; Наука, Москва; 1967 (29 экз.)
2. Шнайдер, Т., Зингер Д, ж. М., Абдулвагидов, Ш. Б., Камиллов, И. К.; Фазовые переходы и высокотемпературная сверхпроводимость: универсальные свойства купратных сверхпроводников : [монография].; Институт физики Дагестанского научного центра РАН, Махачкала; 2007 (1 экз.)
3. Шмидт, В. В., Рязанов, В. В., Фейгельман, М. В.; Введение в физику сверхпроводников; НЦНМО, Москва; 2000 (3 экз.)
4. Минеев, В. П.; Введение в теорию необычной сверхпроводимости : Учеб. пособие для вузов.; Изд-во МФТИ, Москва; 1998 (5 экз.)
5. Гинзбург, В. Л.; Сверхпроводимость; Альфа-М, Москва; 2006 (1 экз.)
6. Плакида, Н. М.; Высокотемпературные сверхпроводники; Междунар. программа образования, Москва; 1996 (1 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

1. Электронная научная библиотека. <https://elibrary.ru>
2. Университетская библиотека онлайн. <http://biblioclub.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://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

#### Теория сверхпроводимости

#### 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 Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Подключение к сети Интернет	
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Сильнокоррелированные электронные**  
**системы**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Москвин Александр Сергеевич	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:

- Москвин Александр Сергеевич, 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	Модели сильно коррелированных электронных систем.	Общий гамильтониан электронов с отталкивающим взаимодействием. Вывод модели Хаббарда в однозонном случае. Вывод модели Андерсона в многозонном случае. Антиферромагнитная модель Гайзенберга как предельный случай модели Хаббарда при $U \rightarrow \infty$ . t-J модель как предельный случай модели Хаббарда при $U \gg zt$ . Модель Стонера как предельный случай модели Хаббарда при $U \ll zt$ .
P2	Магнитный порядок в сильно коррелированных электронных системах.	Спин-зарядовое разделение в модели Хаббарда в одномерном случае. Модель Хаббарда в двумерном и трехмерном случаях. Критерий Стонера. Волны спиновой плотности. Экситонный диэлектрик.
P3	Локальные электронные корреляции.	Эффект Кондо. Метод слэив-бозонов. Вычисление температуры Кондо. Теория динамического среднего поля.
P4	Калибровочные теории в сильно коррелированных электронных системах.	Калибровочная теория квантового антиферромагнетика. Калибровочная теория допированного мотовского диэлектрика. Постановка проблемы. Рассмотрение методом слэив-частиц. Калибровочная теория квантовых холловских жидкостей. Эффект Ааронова-Бома. Квантовый эффект Холла. Калибровочная теория квантового эффекта Холла.

## 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	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	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	П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретических и экспериментальных физических исследований при решении поставленных задач

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сильнокоррелированные электронные системы

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Изюмов, Ю. А.; Электронная структура соединений с сильными корреляциями : монография.; НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Москва, Ижевск; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467651> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Изюмов, Ю. А.; Электронная структура соединений с сильными корреляциями; НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Москва; 2009 (1 экз.)
2. Изюмов, Ю. А.; Базовые модели в квантовой теории магнетизма; [УрО РАН], Екатеринбург; 2002 (3 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Электронная научная библиотека. <https://elibrary.ru>
2. Университетская библиотека онлайн. <http://biblioclub.ru>
3. Зональная научная библиотека УрФУ. URL: <http://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**

### **Сильнокоррелированные электронные системы**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
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>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM