

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.02.02 Квантовая теория магнетизма

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения

очная

Год набора

2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

к.ф.-м.н., доцент, Ю.С.Орлов

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов понимания природы формирования магнитных свойств в разных классах конденсированных сред, навыков самостоятельного исследования теоретических проблем квантовой теории магнетизма и анализа экспериментальных данных.

1.2 Задачи изучения дисциплины

- формирование представления об особенностях возникновения магнитных свойств в различных материалах;
- изучение теоретических концепций и моделей, описывающих физику магнитных явлений, характерных для различных конденсированных состояний вещества;
- освоение основных понятий и методов теоретического описания актуальных проблем квантовой теории магнетизма;
- развитие умения использовать современные вычислительные методики в области квантовой теории магнетизма

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения по дисциплине |
|--|--|
| ПК-3: Способен разрабатывать и применять новые материалы, исследовать их структуру и свойства | |
| ПК-3.1: Планирует процессы получения материалов и исследования их свойств | знать особенности возникновения магнитных свойств в различных материалах уметь создавать математические модели типовых профессиональных задач владеть основными методами решения задач квантовой теории магнетизма |
| ПК-3.2: Анализирует перспективные материалы и их нано-, микро-, мезо- и макромасштабные свойства | знать теоретические концепции и модели, описывающие физику магнитных явлений, характерные для различных конденсированных состояний вещества уметь применять знания современных проблем и достижений квантовой теории магнетизма в научно-исследовательской работе владеть основными методами теоретической физики (в приложении к квантовой теории магнетизма) |

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

| Вид учебной работы | Всего, зачетных единиц (акад.час) | е |
|--|--|---|
| | | 1 |
| Контактная работа с преподавателем: | 1,5 (54) | |
| занятия лекционного типа | 1 (36) | |
| практические занятия | 0,5 (18) | |
| Самостоятельная работа обучающихся: | 1,5 (54) | |
| курсовое проектирование (КП) | Нет | |
| курсовая работа (КР) | Нет | |
| Промежуточная аттестация (Экзамен) | 1 (36) | |

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

| | | Контактная работа, ак. час. | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| № п/п | Модули, темы (разделы) дисциплины | Занятия лекционного типа | | Занятия семинарского типа | | | | Самостоятельная работа, ак. час. | |
| | | | | Семинары и/или Практические занятия | | Лабораторные работы и/или Практикумы | | | |
| | | Всего | В том числе в ЭИОС | Всего | В том числе в ЭИОС | Всего | В том числе в ЭИОС | Всего | В том числе в ЭИОС |
| 1. Основные виды магнитного порядка | | | | | | | | | |
| | 1. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. | 6 | | | | | | | |
| | 2. Природа магнетизма металлов. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау. Магнитные примеси в металле. | 6 | | | | | | | |
| | 3. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо. | | | 4 | | | | | |
| | 4. Магнитный порядок. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков. | | | 2 | | | | | |
| | 5. Спиновые волны (магноны). Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике. | | | 2 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|--|----|--|
| 6. Вклад магнонов в термодинамику магнетиков. Динамика магнитного момента в ферромагнетике. Уравнение Ландау—Лифшица. | | | 2 | | | | | |
| 7. Самостоятельная работа | | | | | | | 10 | |
| 2. Магнетизм сильнокоррелированных систем | | | | | | | | |
| 1. Сильные электронные корреляции. Диэлектрики Мотта-Хаббарда. | 4 | | | | | | | |
| 2. Специфика электронной структуры сильно коррелированных систем. | 4 | | | | | | | |
| 3. Взаимосвязь изменений магнитного порядка и электронных свойств в модели Хаббарда. | 4 | | | | | | | |
| 4. Переход Мотта металл-диэлектрик. | 4 | | | | | | | |
| 5. Самостоятельная работа | | | | | | | 8 | |
| 3. Низкомерный магнетизм | | | | | | | | |
| 1. Низкомерный магнетизм. Теорема Мермина-Вагнера. | 4 | | | | | | | |
| 2. Основное состояние двумерных и одномерных спиновых систем в моделях Изинга и Гейзенберга. Свойства точно решаемых моделей. | | | 2 | | | | | |
| 3. Магнитные наноструктуры ферромагнетик/ нормальный металл. Гигантское магнитосопротивление. Основные идеи спинтроники. | | | 2 | | | | | |
| 4. Самостоятельная работа | | | | | | | 18 | |
| 4. Численно точные методы в квантовой теории магнетизма | | | | | | | | |
| 1. Точная диагонализация многоэлектронных и спиновых гамильтонианов для малых кластеров. | 4 | | | | | | | |
| 2. Кластерная теория возмущений | | | 2 | | | | | |
| 3. Квантовый метод Монте Карло | | | 2 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|---------------------------|----|--|----|--|--|--|----|--|
| 4. Самостоятельная работа | | | | | | | 18 | |
| Всего | 36 | | 18 | | | | 54 | |

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П. Основы физики твердого тела: учебное пособие по физике твердого тела для вузов(Москва: Физико-математическая литература).
2. Дрокин А. И. Квантовая теория магнетизма. Методические указания по спецкурсу: [в 7-ми ч.](Симферополь: СГУ).
3. Ирхин В. Ю., Ирхин Ю. П. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d- и f-металлах и их соединениях: монография(Москва: Институт компьютерных исследований).
4. Волков Н. В., Попков С. И. Магнетизм твердых тел; диа- и парамагнетизм; магнитный порядок (физика магнитных явлений): учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»](Красноярск: СФУ).
5. Изюмов Ю. А., Анисимов В. И. Электронная структура соединений с сильными корреляциями(Москва: Регулярная и хаотическая динамика).
6. Изюмов Ю. А., Курмаев Э. З. Высокотемпературные сверхпроводники на основе FeAs-соединений: монография(Москва: Регулярная и хаотическая динамика).
7. Волков Н. В., Попков С. И. Обменное взаимодействие. Ферромагнетизм. Приближение молекулярного поля: учебно-методическое пособие [для студентов программ 011200.68.02 «Физика конденсированного состояния вещества»; 011200.68.06 «Физика магнитных явлений»] (Красноярск: СФУ).
8. Катанин А. А., Ирхин В. Ю., Игошев П. А. Модельные подходы к магнетизму двумерных зонных систем: научное издание(Москва: ФИЗМАТЛИТ).
9. Мазалова В. Л., Кравцова А. Н., Солдатов А. В. Нанокластеры: рентгеноспектральные исследования и компьютерное моделирование (Москва: ФИЗМАТЛИТ).
10. Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Софронова С. Н., Токарев Н. А., Александров К. С., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А. Физика конденсированного состояния вещества: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: ИПК СФУ).
11. Александров К. С., Зиненко В. И., Сорокин Б. П., Турчин П. П., Сорокин П. Б., Бурков С. И., Глушков Д. А., Четвергов Н. А., Софронова С. Н., Токарев Н. А. Теоретическая физика твердого тела: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины(Красноярск: СФУ).
12. Овчинников С. Г., Орлов Ю. С. Квантовая теория магнетизма: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы [для студентов напр. 010700.62 «Физика», спец. 010701.65 «Физика», 010704.65 «Физика конденсированного состояния вещества»](Красноярск: СФУ).
13. Волков Н. В. Физика магнитных явлений. Ферромагнетизм: учебное пособие для студентов (бакалавров), обучающихся по направлению

03.03.02 (011200.62) "Физика" и 14.03.02 (140800.62) "Ядерная физика и технологии"(Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Дисциплина относится к фундаментальным аналитическим дисциплинам и не требует специального программного обеспечения.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Доступ к библиотечному фонду (см. сайт СФУ, раздел «Библиотека», <http://bik.sfu-kras.ru>).
- 2.

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного и семинарского типа. Аудитории укомплектованы учебной мебелью, маркерной или меловой доской.