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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
_____ 18 февраля 2022 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Современные проблемы физики конденсированного состояния

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и): главный научный сотрудник, д.н. (профессор) Еремин М.В. (НИЛ магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера, Кафедра квантовой электроники и радиоспектроскопии), Mikhail.Eremin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

особенности квантово-механического описания сверхпроводимости , основные термодинамические и кинетические характеристики , модели связи спиновых и орбитальных моментов ; актуальные направления исследований по физике конденсированного состояния.

Должен уметь:

применять современные методы теории к решению задач; выделять нерешенные задачи; использовать полученные знания при решении актуальных проблем.

Должен владеть:

навыками работы с научной литературой ;методами научных исследований; современными методыми проведения физических исследований

Должен демонстрировать способность и готовность:

Демонстрировать: знания базовых моделей и уравнений физики конденсированного сосояния; современные проблемы физики, новейшие достижения физики; методы анализа и синтеза физической информации

Способность : адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности и социальных условий деятельности;

пользоваться знаниями современных проблем и достижений физики; использовать информационные технологии для решения физических задач

Готовность: проведения самостоятельных научных исследований в избранной области физики.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.02.04 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 1 курсе в 2 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

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Самостоятельная работа
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Кристаллические поля и обменные взаимодействия	2	2	0	2	0	0	0	10
2.	Тема 2. Взаимодействие через поле фононов.	2	2	0	2	0	0	0	6
3.	Тема 3. Необычные сверхпроводники.	2	2	0	2	0	0	0	10
4.	Тема 4. Возможные механизмы спаривания	2	2	0	2	0	0	0	8
5.	Тема 5. Переход металл-диэлектрик. Волны зарядовых и спиновых плотностей. Модель Хаббарда	2	4	0	4	0	0	0	14
	Итого		12	0	12	0	0	0	48

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Кристаллические поля и обменные взаимодействия

Оператор кристаллического поля. Разложение по сферическим гармоникам. Правила отбора. Теорема Вигнера-Эккарта. Расщепление состояний d-электрона в кубическом кристаллическом поле. Схема сильного кристаллического поля. Низкоспиновые и высокоспиновые состояния парамагнитных комплексов. Схема слабого кристаллического поля.

Тема 2. Взаимодействие через поле фононов.

Вывод оператора взаимодействия через поле фононов методом канонических преобразований. Операторы рождения и уничтожения фононов. Уравнение на элементы матрицы канонического преобразования. Механизмы обменного взаимодействия спинов. Вид эффективного оператора в представлении момента количества движения. Механизмы анти- и ферромагнитной связей. Правила Гуденафа- Кагамори -Андерсона.

Тема 3. Необычные сверхпроводники.

Фазовые диаграммы сверхпроводящих купратов и халькогенидов . Критические параметры сверхпроводников. Температура фазового перехода, критические поля, критических ток. Уравнение братьев Лондон. Уравнение Гинзбурга Ландау. Методы исследования. ЯМР, рассеяние нейтронов и электронная спектроскопия с угловым разрешением

Тема 4. Возможные механизмы спаривания

Зависимость параметра сверхпроводящей щели от волнового вектора. Теоретико - групповая классификация типов спаривания. Суперобменный механизм спаривания носителей тока. Плазмонный механизм . Фононный механизм. Антиферромагниные флуктуации спинов . Коллективные спиновые колебания. Парамагноны . Спин-флуктуационый механизм спаривания.

Тема 5. Переход металл-диэлектрик. Волны зарядовых и спиновых плотностей. Модель Хаббарда

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Сценарий Мотта. Волны зарядовых и спиновых плотностей . Одномерная модель . Сценарий Пайерлса. Примеры веществ с переходом в состояния с волнами зарядовых (спиновых) плотностей. Модель Хаббарда. Композитные операторы рождения и уничтожения. Спектральный вес зоны проводимости. t-J модель. Трехцентровые корреляции.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

М. В. Еремин. Микроскопические модели в конд. средах - http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc

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.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

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)

архив публикаций по физике - http://arxiv.org/find/cond-mat

Информационный бюллетень ПерсТ - http://www.nanometer.ru/2015/01/03/periodika_448606.html

МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОННОГО СТРОЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ - http://www.nano-journal.ru/images/6/62/Nano@0101Eremin.pdf

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Овладеть методом канонических преобразований. Он используется для решения широкого круга задач. Выделить основные модели в теории обменного взаимодействия. Осознать, что основные состояния ионов в кристаллах могут быть качественно угаданы но основе закона кулона. Обратить внимание на физическую интерпретация излагаемого материала.
практические занятия	Освоить метод вторичного квантования при записи операторов и волновых функций. Научиться применять его при составлении уравнений движения в представлении Гейзенберга. Полезно проиллюстрировать механизмы взаимодействий диаграммами. Представить распределение электронных плотностей в виде рисунков с указанием фазы соответствующих волновых функций.
самостоя-тельная работа	В методических пособиях и книгах выкладки приводятся иногда схематично . При освоении материала пропущенные вычисления желательно провести. особое внимание обратить на физическое содержание моделей, лежащих в основе теории сверхпроводимости (модель Купера Бардина Шриффера и моделей перехода металл-диэлектрик.
зачет	Быть готовым к ответу на вопросы: 1. Расщепление состояний d-электрона в кубическом кристаллическом поле. 2. Основные состояния ионов в сильных кристаллических полях. 3. Механизмы обменного взаимодействия. Кинетический обмен . 4. Анизотропное обменное взаимодействие. 5. Взаимодействие Дзялошинского-Мори. 6. Мультиферроики. Механизмы магнитоэлектричекской связи . 7. Металлы. Приближение сильной связи . 8. Задача Купера . Куперовсие пары. 9. Модель БКШ. Уравнение на парметр прядка. 10. Метод Боголюбова в теории сверхпроводимости. Боголюбоны. 11. Сценарий Пайерлса. Волны зарядовых плотностей. 12. Модель Хаббарда. Квазичастичные операторы. 13. Критические параметры высокотемпературных сверхпроводников. 14. Модели и механизмы высокотемпературной сверхпроводимости.

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:

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.02.04 Современные проблемы физики конденсированного состояния

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Основная литература:

1. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов : учебное пособие / А. А. Абрикосов. - 2-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 600 с. - ISBN 978-5-9221-1097-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/2093 (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев. - [2-е изд., перераб., доп. и испр.]. - Казань: Казанский университет, 2013. - 222 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: открытый.

3. Вайнберг, С. Квантовая теория поля / С. Вайнберг ; под редакцией В. Ч. Жуковского; перевод с английского В. Ч. Жуковского. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 1: Общая теория. - 2015. - 648 с. - ISBN 978-5-9221-1620-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/91164 (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: учебное пособие / Ю. В. Петров. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 213 с. (36 экз.).

2. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах [Электронный ресурс] // учебное пособие. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2011. - 113 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: открытый.

3. Корабельников, Д. В. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Д. В. Корабельников. - Кемерово : КемГУ, 2017. - 149 с. - ISBN 978-5-8353-2160-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: https://e.lanbook.com/book/103097 (дата обращения: 12.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.О.02.04 Современные проблемы физики конденсированного состояния

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ