

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Демин Виталий Анатольевич
Кадыров Дальво Ибрагимович**

Рабочая программа дисциплины

КООПЕРАТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

Код УМК 87681

Утверждено
Протокол №6
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Кооперативные эффекты в конденсированных средах

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в Блок « Блок1.А.00 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.06.01** Математика и механика
направленность Физическая гидродинамика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Кооперативные эффекты в конденсированных средах** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.06.01 Математика и механика (направленность : Физическая гидродинамика)

ПК.1.1 Владеет фундаментальными знаниями в области физической гидродинамики в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.06.01 Математика и механика (направленность: Физическая гидродинамика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	24
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Кооперативные эффекты в конденсированных средах (первый триместр)

Обменное взаимодействие. Приближенные методы

Обменное взаимодействие

Обменный интеграл. Происхождение обменного взаимодействия. Перекрывание антисимметричных и симметричных волновых функций.

Теория Хартри-Фока. Теория экранировки Томаса-Ферми и Линдхарда

Электроны в металлах. Приближение Хартри-Фока. Модель Хартри-Фока для свободных электронов. Спектр. Энергия когезии в металлах. Экранировка в металлах. Приближение Томаса-Ферми. Теория Линдхарда. Осцилляции Фриделя.

Теория Ферми-жидкости

Электроны в металле как Ферми-жидкость. Элементы теории Ферми-жидкости. Слабо неидеальный Ферми-газ с отталкиванием. Концепция квазичастиц. Магнитная восприимчивость Ферми-жидкости. Нулевой звук в Ферми-жидкости.

Плазмоны

Плазмоны и экситоны. Плазменная частота. Диэлектрическая проницаемость

Электронный газ в металле как плазма. Элементы теории плазмы. Плазменная частота свободного электронного газа. Квантование плазменных колебаний. Плазмон - квант плазменных колебаний. Влияние на оптические и электрические свойства металла. Диэлектрическая проницаемость.

Экранирование Дебая. Поверхностные плазмоны

Экранировка поля электромагнитной волны. Отражение света. Поверхностные плазмоны. Поверхностный плазмонный резонанс. Рассеяние и дифракция света на металлах.

Экситоны

Экситоны Френкеля. Экситоны Ваннье

Электроны и дырки в полупроводниках. Бестоковые возбуждения. Свободные экситоны- экситоны Ваннье-Мотта. Связанные экситоны - экситоны Френкеля.

Электронно-дырочные жидкости. Взаимодействие плазмонов с экситонами

Электронно-дырочная жидкость в полупроводнике. Критическая концентрация электронов и дырок. Биэкситоны. Экранировка кулоновского взаимодействия. Время жизни капель электронно-дырочной жидкости.

Полярны

Полярны. Связь полярнов с оптическими фотонами и электронами

Электроны в диэлектриках. Решёточная поляризация и деформация. Виртуальные фононы. Поляронный эффект в рассеянии электронов на фононах. Магнетофононный резонанс. Полярны слабой и сильной связи.

Неустойчивость Пайерлса

Неустойчивость Пайерлса-Фрелиха

Возникновение волн зарядовой плотности в квазиодномерных структурах. Электрон-фононное взаимодействие. Учёт дисперсии фононов.

Теория сверхпроводимости

Сверхпроводимость. Теория БКШ

Теория Лондонов. Магнитная восприимчивость сверхпроводников. Глубина проникновения и длина когерентности. Теория Бардина-Купера- Шриффера. Вихри Абрикосова. Теория Гинзбурга-Ландау.

Высокотемпературные сверхпроводники

Высокотемпературная сверхпроводимость. Сверхпроводящие керамические материалы. Купраты, ферропниктиды.

Эффекты Джозефсона

Джозефсоновский контакт. Стационарный и нестационарный эффект Джозефсона. Туннелирование куперовских пар. Генерация и поглощение. Уравнение синус-Гордона.

Теория спиновых волн

Магноны. Спиновые волны

Классическая теория спиновых волн. Распространение спиновых отклонений в кристалле. Уравнения движения намагниченности. Дисперсионное соотношение классических спиновых волн.

Гамильтониан Гейзенберга. Теплоёмкость спиновых волн

Решёточные модели магнетиков. Модель Гейзенберга. Квантовая теория спиновых волн. Представление Холстейна-Примакова. Бозевское приближение для спиновых операторов. Спиновые волны. Намагниченность и теплоемкость.

Магнитоупорядоченные вещества

Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм

Ферромагнитный порядок. Точка Кюри. Теория эффективного поля Вейсса. Магнитная восприимчивость ферромагнетика. Доменная структура ферромагнетиков. Кривая намагничения. Гистерезис. Ферромагнитный резонанс. Магнитная структура антиферромагнетиков. Точка Нееля. Температурная зависимость восприимчивости в рамках обобщенной теории Вейсса.

Косвенное обменное взаимодействие. Эффект Кондо

Косвенный обмен. 14 видов магнетиков. Магнитная структура ферромагнетиков и геликоидальных магнетиков.

Фазовые переходы

Фазовые переходы. Магнитные фазовые переходы

Фазовые переходы 1 и 2 рода. Фазовые переходы в ферромагнетиках и антиферромагнетиках. Критическая температура. Статистическая теория фазовых переходов. Метод среднего поля.

Параметр порядка. Макроскопическая теория. Динамика критических явлений

Параметр порядка. Разложение свободной энергии по степеням параметра порядка. Теория Гинзбурга-Ландау. Критические явления и критические индексы. Ферромагнетик вблизи точки Кюри. Антиферромагнетик вблизи точки Нееля.

Масштабная инвариантность (скейлинг). Уравнения состояния

Фазовые переходы и критические явления. Критические индексы. Гипотеза скейлинга. Корреляционная функция.

Структурные фазовые переходы. Фазовые переходы металл-диэлектрик

Понятие структурного фазового перехода. Изменение типа симметрии кристаллической решётки. Полиморфизм. Домены и сверхструктуры. Теория Ландау. Переходы металл-диэлектрик. Переход Мотта. Локализация Андерсона.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Катанин А. А., Ирхин В. Ю., Игошев П. А. Модельные подходы к магнетизму двумерных зонных систем/А. А. Катанин, В. Ю. Ирхин, П. А. Игошев.-Москва:Физматлит,2013, ISBN 978-5-9221-1425-7.-175.-Библиогр.: с. 169-175
2. Ирхин В. Ю.,Ирхин Ю. П. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d- и f-металлах и их соединениях/В. Ю. Ирхин, Ю. П. Ирхин.-Москва:НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика",2008, ISBN 978-5-93972-684-9.-474.-Библиогр.: с. 437-459. - Предм. указ.: с. 460-474
3. Кудреватых Н. В. Магнетизм редкоземельных металлов и их интерметаллических соединений:Учебное пособие/Кудреватых Н. В..-Екатеринбург:Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ,2015, ISBN 978-5-7996-1604-5.-200. <http://www.iprbookshop.ru/69622.html>

Дополнительная:

1. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел:[учебное издание]/Ч. Киттель ; пер. с англ. А. А. Гусев.-Москва:Наука,1967.-491.-Предм. указ.: с. 448-491. - Библиогр.: с. 486-487. - Библиогр. в конце глав
2. Ахиезер А. И.,Барьяхтар В. Г.,Пелетминский С. В. Спиновые волны/А. И. Ахиезер, В. Г. Барьяхтар, С. В. Пелетминский.-Москва:Наука,1967.-368.-Библиогр.: с. 364-368
3. Агранович В. М. Теория экситонов/В. М. Агранович.-Москва:Наука. Главная редакция физико-математической литературы,1968.-382.-372-382
4. Дегтяренко, Н.Н. Введение в физику неупорядоченных конденсированных систем : учебное пособие / Н.Н. Дегтяренко. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 228 с. — ISBN 978-5-7262-1509-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/620002>
5. Ландау Л. Д.Теоретическая физика.учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 9.Статистическая физика,Ч. 2:Теория конденсированного состояния/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2004, ISBN 5-9221-0296-6.-496

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://library.psu.ru/node/738> Электронные ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Кооперативные эффекты в конденсированных средах** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Электронные мультимедийные учебники и учебные пособия, в том числе предоставляемые цифровой библиотекой ПГНИУ «ELiS». Свободный программный пакет LibreOffice, свободный пакет аналитических вычислений Maxima.

Дополнительный перечень используемых информационных технологий и программного обеспечения определяется читающими курс преподавателями, руководителем кандидатской диссертации.

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий требуются аудитории, оснащенные презентационным оборудованием.

Для проведения практических занятий требуются аудитории, оснащенные презентационным оборудованием.

Для самостоятельной работы требуется аудитории, оснащенные персональными компьютерами с доступом к локальной сети ПГНИУ и глобальной сети Интернет.

Для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации требуются аудитории, оснащенные презентационным оборудованием.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций требуются аудитории, оснащенные персональными компьютерами с доступом к локальной сети ПГНИУ и глобальной сети Интернет.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Кооперативные эффекты в конденсированных средах**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Владеет фундаментальными знаниями в области физической гидродинамики в объеме, достаточном для решения научно-исследовательских задач</p>	<p>Знать: - современные методологические научные подходы, реализуемые в теории кооперативных эффектов в конденсированных средах;</p> <p>Уметь: - использовать полученные знания для установления однозначной связи макроскопическими явлениями и возникающими в системе элементарными возбуждениями основного энергетического состояния;</p> <p>Владеть: - основными принципами концепции элементарных возбуждений и квазичастиц в конденсированных средах, а также их приложениями к вычислению статистических макроскопических характеристик конденсированных сред, таких как вязкость, теплоёмкость, теплопроводность и др., к исследованию фазовых переходов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител не владеет материалом; представления о предмете минимальны, ограничиваются уровнем предшествующих дисциплин; не способен применять методы и подходы, на изучение которых направлена дисциплина.</p> <p align="center">Удовлетворительн владеет недостаточно; способен применять приобретенные знания и навыки только в пределах стандартных теоретических выводов и практических заданий в рамках курса.</p> <p align="center">Хорошо владеет достаточно; способен применять приобретенные знания и навыки для осуществления теоретических выводов и решения практических заданий в рамках курса в объеме, ограниченном содержанием учебной и методической литературы.</p> <p align="center">Отлично владеет в полной мере; способен успешно применять на практике приобретенные знания и навыки на высоком уровне, за пределами учебной и методической литературы, в том числе при проведении научно-исследовательской работы и осуществлении педагогической деятельности.</p>

Оценочные средства

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Устное собеседование по вопросам

**Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации :
время отводимое на подготовку 2**

Показатели оценивания

не соответствует перечисленным критериям; содержатся грубые ошибки в математических преобразованиях и исходных физических приближениях; отсутствуют действия, направленные на решение задач и получение теоретических результатов.	Неудовлетворител
проведены действия, направленные на решение поставленных задач и получение теоретических выводов, однако решение не доведено до конца; математические преобразования, исходные физические приближения содержат некоторые незначительные ошибки.	Удовлетворительн
получено незавершённое решение задачи, теоретический вывод не проведён в полной мере; физические процессы, используемые приближения и математические преобразования описаны недостаточно подробно или содержат отдельные неточности.	Хорошо
получено корректное и завершённое решение задачи, представлены полные теоретические результаты, возможно с недостаточно подробным описанием физических процессов, используемых приближений и математических преобразований.	Отлично

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Обменное взаимодействие.
2. Теория Хартри - Фока.
3. Теория экранировки Томаса - Ферми и Линдхарда.
4. Теория Ферми - жидкости.
5. Плазмоны и экситоны.
6. Плазменная частота.
7. Диэлектрическая проницаемость.
8. Экранирование Дебая.
9. Поверхностные плазмоны.
10. Экситоны Френкеля
11. Экситоны Ванье.
12. Электронно - дырочные жидкости.
13. Взаимодействие плазмонов с экситонами.
14. Поляроны.
15. Связь поляронов с оптическими фотонами и электронами.
16. Неустойчивость Пайерса.
17. Сверхпроводимость.
18. Теория БКШ.
19. Высокотемпературные сверхпроводники.
20. Эффекты Джозевсона.
21. Магноны.
22. Спиновые волны.
23. Гамильтониан Гейзенберга.

24. Теплоемкость.
25. Ферромагнетизм.
26. Антиферромагнетизм.
27. Косвенное обменное взаимодействие.
28. Эффект Кондо.
29. Фазовые переходы.
30. Магнитные фазовые переходы.
31. Масштабная инвариантность (скейлинг).
32. Уравнения состояния. структурные фазовые переходы.
33. Фазовые переходы металл - диэлектрик.
34. Параметр порядка. Макроскопическая теория.
35. Динамика критических явлений.