

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Дополнительные главы физики конденсированных сред
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальной и прикладной физики микро- и наноструктур
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.С. Мельников, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры фундаментальной и прикладной физики микро- и наноструктур
10.04.2023

Аннотация

Курс является специальной физической дисциплиной, необходимой для успешной профессиональной деятельности выпускников кафедры. Цель курса – дать углубленные теоретические и практические знания в области квантовой физики конденсированных сред. Задача курса – расширить кругозор студентов, познакомив их с современными направлениями в этой области и дать им необходимый теоретический аппарат и навыки для решения некоторых задач и понимания современной литературы. Студенты познакомятся с применением базовых методов теоретической физики к конкретным задачам квантовой теории твердых тел, получают представление о физике твёрдого тела как о разделе физического знания, базирующегося на квантовой теории многочастичных систем с взаимодействием. Будет разобран набор базовых задач и приемов, используемых при изучении систем с взаимодействием, таких как метод среднего поля. В курс включены разделы, иллюстрирующие ряд ярких квантовых эффектов в физике конденсированных сред, таких как локализация, мезоскопика, теория ферми – жидкости и т.д.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью дисциплины является углубленное изучение теоретических методов и подходов квантовой физики конденсированных сред, знакомство с основными известными экспериментальными фактами, а также некоторыми современными направлениями в этой области.

Задачи дисциплины

- формирование у студентов представления о физике твёрдого тела как о разделе физического знания, базирующегося на квантовой теории многочастичных систем с взаимодействующими частицами;
- ознакомление студентов с математическим аппаратом квантовой теории многочастичных систем и с примерами применения этого аппарата в физике металлов;
- ознакомление аспирантов с квантовыми эффектами в проводимости металлов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук

ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- приближение Хартри-Фока для описания эффектов электрон – электронного взаимодействия в твердых телах, модель Хартри-Фока для свободных электронов, основы теории экранировки в металлах, приближение Томаса – Ферми, теорию Линдхарда, осцилляции Фриделя, плазменные колебания, основные подходы теории ферми-жидкости, классическую и квантовую теорию колебаний решетки, гамильтониан Фрёлиха, основы квантового теоретического описания транспортных явлений, канонические преобразования, методы диагонализации квадратичных по операторам рождения-уничтожения гамильтонианов.

уметь:

- применять метод вторичного квантования к системам взаимодействующих частиц, рассчитывать потенциал точечного заряда в металле, электронные орбиты в твердом теле в магнитном поле, квазиклассический спектр электронов в твердом теле в магнитном поле, влияние электрон-фононного взаимодействия на электронный спектр, вклад рассеяния электронов на фононах в сопротивление, интерференционную поправку к проводимости.

владеть:

- основными представлениями о концепции квазичастиц, нулевом звуке в ферми-жидкости, спиновых волнах в ферми-жидкости, взаимодействии света с твердыми телами, ангармонических эффектах в кристаллах, электрон-фононном взаимодействии, обменном взаимодействии и его роли в ферромагнетиках, теории рассеяния рентгеновского излучения в кристаллах, теории слабой локализации, мезоскопике, теории Ландауэра, теории Ландау фазовых переходов II рода, флуктуациях параметра порядка.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Взаимодействующие электроны в металлах	4			10
2	Элементы теории Ферми-жидкости	4			10
3	Электроны в кристаллах в сильных магнитных полях	4			10
4	Электрон-фононное взаимодействие	4			10
5	Элементы квантовой теории твердых тел	4			10
6	Введение в физику квантового транспорта	4			10
7	Элементы флуктуационной теории фазовых переходов	6			15
Итого часов		30			75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Взаимодействующие электроны в металлах

В приближении Хартри-Фока будут рассмотрены экранирующие свойства газа электронов, взаимодействующих по закону Кулона. Будет определена энергия когезии в металлах в приближении свободных электронов. В рамках теории Линдхарда будет определена диэлектрическая проницаемость металла и будет рассмотрено экранирование точечного заряда электронами в различных предельных случаях (приближение Томаса-Ферми, предел низких температур с выводом осцилляций Фриделя). Будут рассмотрены некоторые следствия нестационарной теории Линдхарда: плазменные колебания и затухание Ландау в металлах.

2. Элементы теории Ферми-жидкости

Будут изложены основы теории Ферми-жидкости. Будет рассмотрена магнитная восприимчивость ферми-жидкости, а также нулевой звук и спиновые волны в ферми-жидкости.

3. Электроны в кристаллах в сильных магнитных полях

Тема включает изучение следующих вопросов и разделов.

Квазиклассическое приближение. Магнитный пробой. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау. Расчет осцилляций магнитного момента в эффекте де Гааза – ван Альфена. Эффект Шубникова – де Гааза.

4. Электрон-фононное взаимодействие

Предполагается введение в квантовую теорию фононов и электрон-фононного взаимодействия. Будет рассмотрено изменение спектра электронов в результате взаимодействия с фононами. Будет выведен закон Блоха-Грюнрайзена для добавки к сопротивлению металла, вызванной электрон-фононным взаимодействием.

5. Элементы квантовой теории твердых тел

Тема включает изучение следующих вопросов и разделов.

Вторичное квантование. Бозе- и Ферми- частицы. Примеры вторично-квантованных гамильтонианов. Электрон во внешнем потенциале. Взаимодействующие электроны. Гамильтониан сильной связи. Модель Хаббарда. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие. Гамильтониан Фрёлиха. Взаимодействующие бозе-частицы. Частицы и дырки (античастицы). Квадратичные по операторам рождения-уничтожения гамильтонианы. Диагонализация. Канонические преобразования. О технике функций Грина в физике конденсированных сред.

6. Введение в физику квантового транспорта

Будут получены оценки интерференционных поправок к проводимости металла (слабая локализация), в том числе – в присутствии магнитного поля. Будет рассмотрен эффект Ааронова-Бомы в металлическом кольце. Будет изложена теория Ландауэра для кондактанса квантового точечного контакта и теория квантовой локализации в одномерном проводе.

7. Элементы флуктуационной теории фазовых переходов

Будет изложена теория Ландау фазовых переходов второго рода, а также теория Гинзбурга-Ландау для пространственно-неоднородных состояний. Будет разобран метод расчёта флуктуаций параметра порядка и будет получен критерий применимости теории Ландау.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, доска, при необходимости мультимедиапроектор и экран.

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Принципы теории твердого тела [Текст]/Дж. Займан, -М., Мир, 1966
2. Физика твердого тела [Текст] : в 2 т. Т. 1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ. А. С. Михайлова ; под ред. М. И. Каганова .— М. : Мир, 1979 .— 399 с.
3. Физика твердого тела [Текст] : в 2 т. Т. 2 : [учеб. пособие для вузов] / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ. К. И. Кугеля, А. С. Михайлова ; под ред. М. И. Каганова .— М. : Мир, 1979 .— 424 с.
4. Основы теории металлов [Текст] : учеб. руководство / А. А. Абрикосов .— М. : Наука, 1987 .— 520 с.
5. Квантовая теория твердых тел [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ч. Киттель ; пер. с англ. А. А. Гусева .— М. : Наука, 1967 .— 491 с.
6. Функции Грина. Задачи и решения [Текст], [учебник для вузов] / Л. С. Левитов, А. В. Шитов, М., Физматлит, 2003
7. Методы квантовой теории поля в статистической физике [Текст]/А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, И. Е. Дзялошинский, Ин-т теорет. физики им. Л. Д. Ландау, -М., Физматгиз, 1962
8. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, т. 3,5,9,10, курс "Теоретическая физика", М., Наука, 1976.
9. В.Я. Демиховский, Г. Вугальтер, Физика квантовых низкоразмерных структур, Изд. ННГУ, 2005.

Дополнительная литература

1. Квантовая теория магнетизма [Текст] = Quantum theory of magnetism/Р. Уайт, -М., Мир, 1985

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Не предусмотрено.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра фундаментальной и прикладной физики микро- и наноструктур
курс:	1
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	А.С. Мельников, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов

физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Дополнительные главы физики конденсированных сред» обучающийся должен:

знать:

- приближение Хартри-Фока для описания эффектов электрон – электронного взаимодействия в твердых телах, модель Хартри-Фока для свободных электронов, основы теории экранировки в металлах, приближение Томаса – Ферми, теорию Линдхарда, осцилляции Фриделя, плазменные колебания, основные подходы теории ферми-жидкости, классическую и квантовую теорию колебаний решетки, гамильтониан Фрелиха, основы квантового теоретического описания транспортных явлений, канонические преобразования, методы диагонализации квадратичных по операторам рождения-уничтожения гамильтонианов.

уметь:

- применять метод вторичного квантования к системам взаимодействующих частиц, рассчитывать потенциал точечного заряда в металле, электронные орбиты в твердом теле в магнитном поле, квазиклассический спектр электронов в твердом теле в магнитном поле, влияние электрон-фононного взаимодействия на электронный спектр, вклад рассеяния электронов на фонах в сопротивление, интерференционную поправку к проводимости.

владеть:

- основными представлениями о концепции квазичастиц, нулевом звуке в ферми-жидкости, спиновых волнах в ферми-жидкости, взаимодействии света с твердыми телами, ангармонических эффектах в кристаллах, электрон-фононном взаимодействии, обменном взаимодействии и его роли в ферромагнетиках, теории рассеяния рентгеновского излучения в кристаллах, теории слабой локализации, мезоскопике, теории Ландауэра, теории Ландау фазовых переходов II рода, флуктуациях параметра порядка.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

1. Найти затухание Ландау в вырожденной плазме.
2. Вычислить асимптотику потенциала точечного заряда в металле в модели Линдхарда при конечной температуре.

3. Найти электронный спектр (перенормировку скорости Ферми и показать неизменность поверхности Ферми) при учете электрон-фоонного взаимодействия с помощью феноменологического обобщения подхода Хартри-Фока.
4. Оценить квантовую поправку к проводимости для одномерного, двумерного и трёхмерного металла.
5. Оценить квантовую поправку к проводимости в магнитном поле.
6. Вычислить кондактанс баллистического канала.
7. Вычислить кондактанс канала с рассеянием на примесях.
8. Найти скачок теплоемкости при фазовом переходе второго рода в теории Ландау.
9. Проанализировать влияние внешнего поля на фазовый переход в теории Ландау. Найти восприимчивость.
10. Вычислить средний квадрат параметра порядка выше критической температуры.
11. Вычислить матричные элементы одночастичных и двухчастичных операторов, используя симметризованные и антисимметризованные волновые функции бозе- и ферми-частиц.
12. Получить оператор плотности частиц в представлении вторичного квантования.
13. Получить оператор плотности тока в представлении вторичного квантования.
14. Получить распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна из распределения Гиббса.
15. Получить коммутационные соотношения для полевых операторов бозе- и ферми-частиц.
16. Оценка скорости звука в металле.
17. Получить гамильтониан фоонов в представлении вторичного квантования.
18. Найти заряд дырки в ферми-системе.
19. Диагонализировать квадратичные формы ферми- и бозе-операторов (преобразование Боголюбова).
20. Вычислить энергию электрона в модели Хартри-Фока с экранированным кулоновским взаимодействием.
21. Найти скорость нулевого звука в ферми-жидкости.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов

1. В чем заключается приближение Хартри-Фока?
2. Изложить основные результаты теории Линдхарда.
3. Что такое магнитный пробой?
4. Объяснить физическую суть модели Хаббарда.
5. Написать гамильтониан Фрёлиха.
6. Магнитный пробой.
7. Локализация.
8. Влияние электрон-фоонного взаимодействия на электронный спектр.
9. Приближение Томаса - Ферми.
10. Нестационарная теория Линдхарда.
11. Магнитная восприимчивость ферми—жидкости.

Примеры контрольных заданий

1. Получить спектр в рамках модели Хартри-Фока для свободных электронов.
2. Оценить интерференционную поправку к проводимости в двумерном случае.
3. Вычислить энергию электрона в модели Хартри-Фока с экранированным кулоновским взаимодействием.
4. Вычислить кондактанс баллистического канала.
5. Найти затухание Ландау в вырожденной плазме.

Примеры экзаменационных билетов

Билет 1.

1. Нулевой звук в ферми—жидкости.

2. Флуктуации параметра порядка.

Билет 2.

1. Магнитный пробой.
2. Локализация.

Билет 3.

1. Влияние электрон-фононного взаимодействия на электронный спектр.
2. Приближение Томаса - Ферми.

Билет 4.

1. Нестационарная теория Линдхарда.
2. Магнитная восприимчивость ферми—жидкости.

Билет 5.

1. Приближение Хартри-Фока. Обменное взаимодействие.
2. Эффект Шубникова – де Гааза.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.