

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

проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **Программа дисциплины**

Методы квантовой теории поля в статистической физике Б1.В.ДВ.1.1

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Автор(ы):** Деминов Р.Г.

**Рецензент(ы):** Прошин Ю.Н.

#### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Казань

2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@kpfu.ru

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

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

диаграммную технику метода функций Грина

Должен уметь:

применять этот метод к физике конденсированного состояния

Должен владеть:

навыками вычисления (в рамках диаграммной техники) различных свойств конденсированных систем

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Теоретическая и математическая физика)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 3 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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 46 часа(ов), в том числе лекции - 28 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 62 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 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	Раздел дисциплины/ модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные положения.	3	4	0	0	6
2.	Тема 2. Гриновские функции при нулевой температуре.	3	14	8	0	22
3.	Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.	3	4	4	0	11

N	Раздел дисциплины/ модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Теория линейного отклика.	3	2	2	0	4
5.	Тема 5. Неравновесные функции Грина.	3	3	4	0	10
6.	Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.	3	1	0	0	9
	Итого		28	18	0	62

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные положения.

Пропагатор: определение и свойства. Интегралы по траектории (функциональные интегралы). Теория возмущений для пропагатора: общий формализм и пример - потенциальное рассеяние.

### Тема 2. Гриновские функции при нулевой температуре.

Определение функций Грина многочастичной системы. Аналитические свойства гриновских функций. Запаздывающая и опережающая функции Грина. Гриновская функция и наблюдаемые. Теория возмущений (диаграммы Фейнмана). Вывод правил Фейнмана. Теоремы Вика и сокращения. Операции с диаграммами. Собственно-энергетическая часть (функция). Уравнение Дайсона. Перенормировка взаимодействия. Поляризационный оператор. Многочастичные гриновские функции. Уравнения Бете-Солпитера. Вершинная часть (функция).

### Тема 3. Функции Грина при конечной температуре.

Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Лиувилля. Определение и аналитические свойства гриновских функций. Уравнение Блоха. Температурная (мацубаровская) функция Грина. Ряды возмущений и диаграммная техника для температурных функций Грина.

### Тема 4. Теория линейного отклика.

Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.

### Тема 5. Неравновесные функции Грина.

Неравновесная причинная функция Грина: определение. Контурное упорядочение и три дополнительных неравновесных гриновских функции. Формализм Келдыша. Уравнения Дайсона для неравновесных функций Грина. Квантовое кинетическое уравнение. Приложение: электропроводность квантовых точечных контактов. Метод туннельного гамильтониана.

### Тема 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.

Введение: общая картина сверхпроводящего состояния, нестабильность нормального состояния, гамильтониан спаривания (БКШ). Функции Грина сверхпроводника: формализм Намбу-Горькова. Матричная структура теории. Элементы теории сильной связи. Уравнения Горькова для гриновских функций. Токопроводящее состояние сверхпроводника. Разрушение током сверхпроводимости. Андреевское отражение.

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

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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года N301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации N14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. ♦ 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение N 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение N 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент N 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент N 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент N 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Тагиров Л.Р., Кочелаев Б.И., Деминов Р.Г., Усеинов Н.Х. Приложения двухвременных термодинамических функций Грина в физике твердого тела (Конспект лекций на английском языке). - [http://kpfu.ru/portal/docs/F237569143/Application\\_of\\_Green\\_functions.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F237569143/Application_of_Green_functions.pdf)

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Устный опрос	ОПК-6 , ОК-1	1. Основные положения.
2	Письменное домашнее задание	ОПК-6 , ОК-1	2. Гриновские функции при нулевой температуре.
3	Контрольная работа	ОПК-6 , ОК-1	2. Гриновские функции при нулевой температуре.
4	Письменное домашнее задание	ОК-1 , ОПК-6	3. Функции Грина при конечной температуре.
5	Контрольная работа	ОПК-6 , ОК-1	3. Функции Грина при конечной температуре. 4. Теория линейного отклика.
6	Письменное домашнее задание	ОПК-6 , ОК-1	5. Неравновесные функции Грина. 6. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости.
	<b>Экзамен</b>	ОК-1, ОПК-6	

**6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2
			4		
			6		
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
					5

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 3**

**Текущий контроль**

**1. Устный опрос**

Тема 1

Определение пропагатора. Свойства пропагатора. Интегралы по траектории (функциональные) интегралы - лагранжев формализм. Интегралы по траектории (функциональные) интегралы - лагранжев формализм. Теория возмущений для пропагатора: общий формализм. Теория возмущений для пропагатора: пример - потенциальное рассеяние.

**2. Письменное домашнее задание**

Тема 2

1. Используя нижайший порядок в поляризационном операторе рассмотреть экранирование кулоновского взаимодействия металле.
2. Рассмотреть плазменные колебания в металле.

**3. Контрольная работа**

Тема 2

1. Исходя из выражения для большого термодинамического потенциала через функцию Грина, найти давление идеального газа фермионов при нулевой температуре.
2. Получить уравнение движения для невозмущенного фоновго пропагатора.
3. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае фермионов как в координатном, так и в импульсном представлении.
4. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае бозонов (фононов) как в координатном, так и в импульсном представлении.
5. Получить представление Челлена-Лемана для функции Грина в импульсно-частотном представлении.
6. Для скалярного электрон-электронного взаимодействия нарисовать все диаграммы в первом порядке по возмущению. Выделить среди них топологически неэквивалентные связанные диаграммы.

**4. Письменное домашнее задание**

Тема 3

1. Уравнение Блоха. Температурная (мацубаровская) функция Грина.

2. Ряды возмущений и диаграммная техника для температурных функций Грина.

### 5. Контрольная работа

Темы 3, 4

1. Получить обобщенное представление Челлена-Лемана при конечной температуре.
2. Получить правило сумм для запаздывающей функции Грина.
3. Проверить, удовлетворяет ли данное приближение для запаздывающей функции Грина  $G=Z/(w-(e-m)-S)$  соотношениям Крамерса-Кронига и правилу сумм.
4. Получить выражение для электрической проводимости в рамках теории линейного отклика (формула Кубо).
5. Формулы Кубо. Флуктуационно-диссипативная теорема.

### 6. Письменное домашнее задание

Темы 5, 6

1. Метод туннельного гамильтониана.
2. Квантовое кинетическое уравнение.
3. Получить выражение для электрической проводимости квантовых точечных контактов.
4. Уравнения Горькова для гриновских функций.
5. Токопроводящее состояние сверхпроводника. Разрушение током сверхпроводимости.
6. Показать, что выражение для сверхпроводящего тока удовлетворяет закону сохранения заряда.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Пропагатор: определение и свойства.
2. Интегралы по траектории (функциональные интегралы).
3. Теория возмущений для пропагатора: общий формализм и пример - потенциальное рассеяние.
4. Определение функций Грина многочастичной системы. Аналитические свойства гриновских функций.
5. Запаздывающая и опережающая функции Грина. Гриновская функция и наблюдаемые величины.
6. Теория возмущений (диаграммы Фейнмана). Правила Фейнмана.
7. Теоремы Вика и сокращения.
8. Операции с диаграммами. Собственно-энергетическая часть (функция). Уравнение Дайсона.
9. Перенормировка взаимодействия. Поляризационный оператор.
10. Многочастичные гриновские функции. Вершинная часть (функция).
11. Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Лиувилля. Определение и аналитические свойства гриновских функций. Уравнение Блоха.
12. Температурная (мацубаровская) функция Грина. Диаграммная техника для температурных функций Грина.

### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

- 56 баллов и более - "зачтено".
- 55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

- 86 баллов и более - "отлично".
- 71-85 баллов - "хорошо".
- 56-70 баллов - "удовлетворительно".
- 55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	5

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2 4 6	7 7 7
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3 5	12 12
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Тагиров, Л. Р. Приложения двухвременных температурных функций Грина в физике твердого тела. Конспект лекций (на английском языке) [Электронный ресурс] / Л. Р. Тагиров, Б. И. Кочелаев, Р. Г. Деминов, Н.Х. Усеинов. - Казань: Казан. ун-т, 2018. - 100 с. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/130768/1/F\\_GREEN\\_2018.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/130768/1/F_GREEN_2018.pdf)
2. Деминов, Р. Г. Методы квантовой теории поля в физике конденсированного состояния. Конспект лекций / Р. Г. Деминов, Б. И. Кочелаев, Л. Р. Тагиров. - Казань: Казан. ун-т, 2018. - 92 с. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/130769/-1/MKTPvFKS\\_2018.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/130769/-1/MKTPvFKS_2018.pdf)
3. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел [Электронный ресурс] / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 448 с. - URL: <http://e.lanbook.com/book/72587>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Борисёнок, С.В. Квантовая статистическая механика. [Электронный ресурс] / С.В. Борисёнок, А.С. Кондратьев. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2011. - 136 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2672>
2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2004. - 496 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2235>
3. Ландау, Л.Д. Теретическая физика. Т.Х. Физическая кинетика. [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2002. - 536 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2692>

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

Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Библиотека - <http://window.edu.ru/library>  
 Кафедра квантовой статистики и теории поля МГУ. Библиотека - <http://statphys.nm.ru/biblioteka.html>  
 Лаборатория теоретической физики Института электрофизики - <http://sadvovski.iep.uran.ru/RUSSIAN/LTF/index.htm>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом: - Понять и запомнить все новые определения. - Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. - Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются). Метод туннельного гамильтониана. Приближение туннельного гамильтониана было впервые введено Оппенгеймером в 1928 г. и затем обобщено Бардином в 1961 г. на твердотельные структуры. Такое приближение объясняется тем фактом, что в обычной туннельной структуре с низкой прозрачностью барьеров возникает близкая к единице вероятность отражения от барьера. Это означает, что слева от барьера электронные волны являются скорее стоячими, чем бегущими, тоже самое происходит и справа от барьера. Можно считать, что энергетический барьер разделяет систему на две почти независимые части и слабое взаимодействие между ними может трактоваться как возмущение. Однако возникает естественный вопрос о способе введения такого слагаемого в гамильтониан, чтобы он обеспечивал существование туннельного тока. Интерес к приближению туннельного гамильтониана связан с тем, что такое приближение дает правильный рецепт учета плотности состояний в результирующий туннельный ток. Действительно, если бы был известен матричный элемент перехода <math>M</math>, тогда вероятность переходов в единицу времени определялась бы по золотому правилу Ферми. Использование неравновесных функций Грина в методе туннельного гамильтониана. Квантовое кинетическое уравнение. Используется определение двухкомпонентной неравновесной функции Грина, заданной на нижней и на верхней части контура Келдыша. Действуем на каждую из компонент оператором дифференцирования по времени. Производя операцию усреднения можно прийти к уравнению Каданова и Бейма. Для установления связи с кинетическим уравнением вводятся суммарные и относительные переменные по времени и в пространстве. Осуществляя градиентное разложение и переход по относительным координатам в импульсное представление, а по разности времен в частотное (энергетическое) представление, приходим к квантовому кинетическому уравнению Больцмана для функций Грина. Методы квантовой теории поля в сверхпроводимости. Функции Грина сверхпроводника: формализм Намбу-Горькова. Основное удобство представления Горькова-Намбу заключается в том, что при работе с матричными величинами относительные знаки различных диаграмм, содержащих функции <math>F</math> и <math>G</math> автоматически получаются правильными. Кроме того, матричная запись весьма компактна. В частности, матричный формализм весьма удобен при расчете отклика сверхпроводника на внешнее электромагнитное поле.</p>
практические занятия	<p>Подготовка к практическому занятию. В работе студентов можно выделить три составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач, 3) разбор лекционного материала предстоящего практического занятия. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>Если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по доступным письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать. - При возникновении каких-либо трудностей с пониманием материала рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Также можно обратиться за помощью к лектору. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы. К письму можно прикрепить какие-либо электронные материалы, связанные с возникшими вопросами, например, отсканированные или сфотографированные листочки с рукописными комментариями, пометками, выкладками и т.п. Самостоятельное изучение части материала. Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель.</p>
устный опрос	<p>Подготовка к устному опросу. Устный опрос проводится с целью проверить, как на данном этапе обучения усвоен лекционный материал и/или материал, отведённый на самостоятельное изучение. Рекомендации по изучению соответствующих материалов приведены выше. При подготовке следует иметь в виду, что во время устного опроса: - нужно уметь сформулировать определения изученных величин, понятий и т.д.; - нужно уметь сформулировать изученные законы, теоремы, утверждения, постулаты и т.д., - по каждой теме или подтеме нужно уметь вкратце словами раскрыть суть того, что в ней излагается; - нужно уметь сформулировать словами, на чем основаны доказательства изученных утверждений и формул, указать сделанные при этом приближения и принятые допущения.</p>
письменное домашнее задание	<p>Подготовка домашнего задания. В домашней работе студентов можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания. Используя нижайший порядок в поляризационном операторе рассмотреть экранирование кулоновского взаимодействия металле. Рассматривая экранирование кулоновского взаимодействия в рамках нижайшего порядка в поляризационном операторе, необходимо расписать соответствующее этой диаграмме аналитическое выражение и получить в статическом приближении экранированный потенциал. Вначале выполнить интегрирование по частотам, а затем по импульсам</p>

Вид работ	Методические рекомендации
контрольная работа	<p>Подготовка к контрольным работам. То, как студент научился самостоятельно решать задачи, преподаватель проверяет посредством проведения контрольных работ, на которых от студента требуется решить несколько задач из числа тех, которые решались в аудитории, и тех, которые были заданы в качестве домашней работы. Таким образом, для успешной подготовки к контрольным работам необходимо научиться самостоятельно воспроизводить решения разобранных на занятиях задач и задач домашних заданий в соответствии с рекомендациями для подготовки домашнего задания, приведенными выше. Контрольная работа 1. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае фермионов как в координатном, так и в импульсном представлении. Получить выражение для функции Грина свободной частицы в случае бозонов (фононов) как в координатном, так и в импульсном представлении. При нахождении невозмущенной функции Грина (функции Грина свободной частицы) необходимо иметь в виду, что речь идет о нахождении причинной функции Грина как в координатном, так и в импульсном представлении. Кроме того важным, разумеется, является различие коммутационных соотношений для фермионов и бозонов (фононов). При нулевой температуре фононов в основном состоянии нет. Получить представление Челлена-Лемана для функции Грина в импульсно-частотном представлении. Аналогичные соображения необходимо применять и при нахождении представления Челлена-Лемана для причинной функции Грина в импульсно-энергетическом представлении. Для скалярного электрон-электронного взаимодействия нарисовать все диаграммы в первом порядке по возмущению. Выделить среди них топологически неэквивалентные связанные диаграммы. Использовать правила Фейнмана при построении диаграмм. Отделить несвязные диаграммы. Среди связанных диаграмм оставить только топологически неэквивалентные диаграммы. Таких диаграмм будет две.</p> <p>Контрольная работа 2. Проверить, удовлетворяет ли данное приближение для запаздывающей функции Грина <math>G=Z/(w-(e-m)-S)</math> соотношениям Крамерса-Кронига и правилу сумм. Использовать соотношения Крамерса-Кронига и правило сумм для запаздывающей функции Грина. Получить выражение для электрической проводимости в рамках теории линейного отклика (формула Кубо). Последовательно применяя метод функций Грина можно получить выражение для электропроводности в линейном приближении. Соответствующая формула носит название формулы Кубо.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Подготовка к экзамену. Залогом успешной сдачи всех экзаменов являются систематические, добросовестные занятия студента. Однако это не исключает необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи экзаменов. Специфической задачей работы студента в период экзаменационной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение года. Начинать повторения рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии. В основу повторения должна быть положена только программа. Не следует повторять ни по билетам, ни по контрольным вопросам. Повторение по билетам нарушает систему знаний и ведет к механическому заучиванию, к 'натаскиванию'. Повторение по различного рода контрольным вопросам приводит к пропускам и пробелам в знаниях и к недоработке иногда весьма важных разделов программы. Повторение - процесс индивидуальный; каждый студент повторяет то, что для него трудно, неясно, забыто. Поэтому, прежде чем приступить к повторению, рекомендуется сначала внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы и выписать их на отдельном листе. В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций или семинаров, и др. Ни в коем случае нельзя ограничиваться только одним конспектом, а тем более, чужими записями. Всякого рода записи и конспекты - вещи сугубо индивидуальные, понятные только автору. Готовясь по чужим записям, легко можно впасть в очень грубые ошибки. Само повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника. Закончив работу над темой (главой), необходимо ответить на вопросы учебника или выполнить задания, а самое лучшее - воспроизвести весь материал. Консультации, которые проводятся для студентов в период экзаменационной сессии, необходимо использовать для углубления знаний, для восполнения пробелов и для разрешения всех возникших трудностей. Без тщательного самостоятельного продумывания материала беседа с консультантом неизбежно будет носить 'общий', поверхностный характер и не принесет нужного результата. Очень важно не пропускать занятия (лекции, а особенно практические занятия). Необходимо активно участвовать в работе семинаров (выполняйте все требования преподавателя, приходите подготовленными к занятию) и своевременно выполнять контрольные работы, не оставляя переписывание невыполненных заданий на зачеты и экзамены.</p>

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

Освоение дисциплины "Методы квантовой теории поля в статистической физике" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Браузер Mozilla Firefox  
Браузер Google Chrome  
Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

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.

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

Освоение дисциплины "Методы квантовой теории поля в статистической физике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

### **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 Теоретическая и математическая физика .