

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики
Российской академии наук» (ИПФ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по научной работе

_____ М.Ю. Глявин

« ____ » _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Метод функций Грина в теории систем многих частиц

Уровень высшего образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки / специальность

03.06.01 Физика и астрономия

Направленность образовательной программы

01.04.21 Лазерная физика

Квалификация (степень)

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения

очная

Нижний Новгород

20__

1. Место и цели дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метод функций Грина в теории систем многих частиц» относится к числу факультативных дисциплин образовательной программы, необязательна для освоения, преподается на первом году обучения в первом семестре.

Освоение дисциплины опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. В частности, на знания, умения и навыки, полученные в ходе освоения таких дисциплин, как «Теория колебаний и волн», «Электродинамика», «Статистическая физика», «Методы математической физики», «Квантовая механика», «Теория сверхпроводимости» и т.п.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у аспирантов способности применять технику функций Грина, широко используемой в настоящее время для вычисления неравновесных, транспортных и термодинамических свойств твердых тел;
- формирование у аспирантов универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по соответствующим направлениям подготовки

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Таблица 1:

Планируемые результаты обучения по дисциплине

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 <i>способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</i> (этап освоения – базовый)	<i>З1 (ОПК-1) Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования</i> <i>У1 (ОПК-1) Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств</i> <i>В1 (ОПК-1) Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях</i>
ПК-2 <i>способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта</i> (этап освоения – базовый)	<i>З1 (ПК-2) Знать принципы применения приёмов метода функций Грина в приложении к задачам физики</i> <i>У1 (ПК-2) Уметь формулировать задачи в рамках профильных физических и математических дисциплин, требующие навыков работы с использованием метода функций Грина</i> <i>В1 (ПК-2) Владеть навыками использования метода функций Грина для решения профильных задач физики</i>
УК-5 <i>способность планировать и решать задачи собственного профес-</i>	<i>З1 (УК-5) Знать возможные сферы и направления профессиональной самореализации; приемы и технологии целеполагания и целереализации; пути достижения более высоких уровней профессионального</i>

сионального и личностного развития (этап освоения – базовый)	и личного развития <i>У1 (УК-5)</i> Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и тенденций развития области профессиональной деятельности; формулировать цели профессионального и личностного развития, оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей <i>В1 (УК-5)</i> Владеть приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению профессиональных задач; приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования
---	---

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 33 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, в т.ч. мероприятия текущего контроля успеваемости, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица 2:

Структура дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Одночастичная функция Грина	9	4		4	5
Диаграммы Фейнмана	9	4		4	5
Приближение Хартри-Фока в формализме функций Грина	7	3		3	4
Поляризационный оператор	7	3		3	4
Функции Грина при конечной температуре	8	4		4	4
Теория сверхпроводимости	9	4		4	5
Теория линейного отклика	8	4		4	4
Электрон-фононное взаимодействие	7	3		3	4
Электроны в случайном потенциале	7	3		3	4
в т.ч. текущий контроль			4		
Аттестация по дисциплине – зачет			1		
Итого			108		

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Одночастичная функция Грина

Представление взаимодействия. Определение функций Грина фермионов и бозонов. Спектральный вес. Разложение Лемана. Функция Грина электронов во внешнем поле. Аналитические свойства функций Грина.

Раздел 2. Диаграммы Фейнмана

Матрица рассеяния. Ряд теории возмущений для функции Грина взаимодействующих частиц. Уравнение Дайсона. Массовый оператор. Вершинная функция.

Раздел 3. Приближение Хартри-Фока в формализме функций Грина

Двухчастичная функция Грина. Уравнение Бете-Солпитера.

Раздел 4. Поляризационный оператор

Приближение случайных фаз в диаграммной технике Фейнмана. Поляризационный оператор для фононов: свойства поляризационного оператора и его предельные значения в длинноволновом пределе и в области низких частот.

Раздел 5. Функции Грина при конечной температуре

Техника Матцубары. Аналитические свойства функций Грина электронов и фононов при конечной температуре.

Раздел 6. Теория сверхпроводимости

Аномальные части Намбу-Горькова матричной функции Грина в сверхпроводящем состоянии. Уравнение самосогласования.

Раздел 7. Теория линейного отклика

Диэлектрическая проницаемость в приближении случайных фаз. Эффект Кона. Осцилляции экранируемого потенциала точечного заряда. Затухание Ландау.

Раздел 8. Электрон-фононное взаимодействие

Взаимодействие электронов с фононами в приближении Мигдала: перенормировка вершинной функции, спектра и затухания квазичастиц.

Раздел 9. Электроны в случайном потенциале

Функция Грина электронов в неоднородной среде. Плотность состояний. Теорема Андерсона.

4. Образовательные технологии

Основными видами образовательных технологий дисциплины «Метод функций Грина в теории систем многих частиц» являются занятия лекционного типа с применением технологий интерактивного обучения (презентаций), проблемный метод изложения материала, диалоговая форма проведения занятий и самостоятельная работа аспиранта.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки ИПФ РАН, в компьютерном классе с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе аудиторных занятий по данной дисциплине. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, доступные ресурсы в Интернет по тематике курса, а также конспекты и презентации лекций.

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), и уровня их сформированности

Описание показателей и критериев оценивания компетенций приведены в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Для оценивания сформированности компетенций используется промежуточная аттестация в форме зачета. Зачет состоит из индивидуального собеседования и решения практических контрольных заданий. Критерии оценок выполнения задания:

Зачтено	В целом удовлетворительная подготовка, возможно с заметными, но не грубыми ошибками или недочетами. Аспирант дает полный ответ на все теоретические вопросы собеседования, возможно с небольшими неточностями; допускаются негрубые ошибки при ответах на дополнительные вопросы. Полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей, возможно с не всегда полной обоснованностью выводов.
Не зачтено	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Аспирант дает ошибочные ответы как на теоретические вопросы, так и на наводящие и дополнительные вопросы преподавателя, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки.

6.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности компетенций ПК-3, ОПК-1, УК-5

1. Метод вторичного квантования. Вырожденный электронный газ со слабым отталкиванием (основное состояние).
2. Представление Гейзенберга, взаимодействия и Шредингера. Оператор эволюции. \square -операторы.
3. Функция Грина (определение). Свойства функции Грина (выражение среднего от операторов с помощью ф-ции Грина). Функция Грина идеального Ферми-газа.
4. Общие свойства функции Грина (представление Лемана).
5. Нахождение функции Грина системы взаимодействующих частиц. Теорема Вика. Теория возмущений для нахождения функции Грина.
6. Диаграммы Фейнмана. Диаграммы Фейнмана в импульсном представлении. Собственно-энергетическая функция и уравнение Дайсона.
7. Приближение Хартри-Фока в формализме функций Грина. Система взаимодействующих фермионов (экранированное кулоновское отталкивание) в нулевом внешнем поле в приближении Хартри-Фока.
8. Поляризационный оператор. Эффективное взаимодействие для вырожденного Ферми газа высокой плотности.
9. Учет электрон-фононного взаимодействия в формализме функций Грина
10. Использование формализма функций Грина для нахождения изменения спектра электронов и фононов вследствие слабого электрон-фононного взаимодействия.
11. Теория линейного отклика системы. Корреляционная функция плотности и ее связь с поляризационным оператором.
12. Температурные функции Грина (Мацубары). Их свойства.

13. Электроны в случайном потенциале. Усреднение функций Грина по беспорядку. Функция Грина невзаимодействующих электронов в случайном потенциале (самосогласованное борновское приближение).

14. Теория сверхпроводимости в формализме функций Грина. Уравнения Горькова. Уравнения Гинзбурга-Ландау.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, Теоретическая физика, т. 9, Физическая кинетика, М. Наука, 1979. – 3 экз.

б) дополнительная литература:

2. Абрикосов А.А., Горьков Л.П., Дзялошинский И.Е. Методы квантовой теории поля в статистической физике, М. Физматгиз, 1962. . – 1 экз.
3. Маттук Р., Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел, М. Мир, 1969. . – 2 экз.

в) интернет-ресурсы: www.eqworld.ipmnet.ru , www.twirpx.com

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Специальные помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет";
- Лицензионное программное обеспечение (*Windows, Microsoft Office*);
- Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются (при необходимости) электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия.

Автор _____ А.П. Протогенов

Рецензент _____

Программа принята на заседании Ученого совета отделения нелинейной динамики и оптики ИПФ РАН, протокол № ____ от _____ года.

Ученый секретарь ОНД иО _____ А.В. Коржиманов

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности, методы сбора информации для решения поставленных исследовательских задач, методы анализа данных, необходимых для проведения конкретного исследования	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские и производственно-технические исследования с применением современной аппаратуры, оборудования и компьютерных технологий; самостоятельно выполнять лабораторные, вычислительные физические исследования при решении научно-исследовательских и производственных задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований; способностью самостоятельно с применением современных компьютерных технологий анализировать, обобщать и систематизировать результаты; навыками публикации результатов научных исследований в рецензируемых научных изданиях	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаний	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения

ПК-2 Способность проводить научные исследования и решать научно-исследовательские задачи, соответствующие направленности подготовки, используя специализированные знания в области физики и астрономии, современные методы исследований и информационные технологии, с учетом отечественного и зарубежного опыта

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать принципы применения приёмов метода функций Грина в приложении к задачам физики	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь формулировать задачи в рамках профильных физических и математических дисциплин, требующие навыков работы с использованием метода функций Грина	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата

<u>Навыки:</u> Владеть навыками использования метода функций Грина для решения профильных задач физики	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %

УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

Индикаторы компетенций	Критерии оценивания результатов обучения	
	Зачтено	Не зачтено
<u>Знания:</u> Знать возможные сферы и направления профессиональной самореализации; приемы и технологии целеполагания и целереализации; пути достижения более высоких уровней профессионального и личного развития	Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины	Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения
<u>Умения:</u> Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и тенденций развития области профессиональной деятельности; формулировать цели профессионального и личностного развития, оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей	Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины	Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата
<u>Навыки:</u> Владеть приемами целеполагания, планирования, реализации необходимых видов деятельности, оценки и самооценки результатов деятельности по решению профессиональных задач; приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования	Успешная демонстрация навыков решения задач на базе полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	50 – 100%	0 – 50 %