

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**  
**Теория поля вне теории возмущений**

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 «Теория поля вне теории возмущений» относится к числу факультативных дисциплин образовательной программы, необязательна для освоения, преподается на первом году обучения во втором семестре.

**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 (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций   |
|--|--|
| <b>ОПК-1</b><br><i>способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</i><br>(этап освоения – <b>базовый</b> )   | З1 (ОПК-1) Знать принципы применения метода функций Грина в приложении к задачам физики<br>У1 (ОПК-1) Уметь формулировать задачи в рамках профильных физических и математических дисциплин, требующие использования метода функций Грина<br>В1 (ОПК-1) Владеть знаниями, необходимыми для использования метода функций Грина для решения профильных задач физики   |
| <b>ПК-2</b><br><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><br>(этап освоения – <b>базовый</b> ) | З1 (ПК-2) Знать принципы применения метода функций Грина при решении научно-исследовательских задач, соответствующие направленности подготовки.<br>У1 (ПК-2) Уметь использовать полученные знания для решения конкретных научно-исследовательских задач с учетом отечественного и зарубежного опыта.<br>В1 (ПК-2) Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях, современных методах исследований и информационных технологий.  |
| <b>УК-5</b><br><i>способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития</i><br>(этап освоения – <b>базовый</b> )   | З1 (УК-5) Знать возможные сферы и направления профессиональной самореализации; приемы и технологии целеполагания и целереализации; пути достижения более высоких уровней профессионального и личного развития<br>У1 (УК-5) 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<br>В1 (УК-5) 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 | Занятия лабораторного типа | Всего |   |   |
| Тема 1. Одночастичная функция Грина   | 7            | 3   |                           |                            | 3     | 4 |   |
| Тема 2. Диаграммы Фейнмана  | 7            | 3   |                           |                            | 3     | 4 |   |
| Тема 3. Приближение Хартри-Фока в формализме функций Грина  | 8            | 3   |                           |                            | 3     | 5 |   |
| Тема 4. Поляризационный оператор  | 8            | 4   |                           |                            | 4     | 4 |   |
| Тема 5. Функции Грина при конечной температуре  | 9            | 4   |                           |                            | 4     | 5 |   |
| Тема 6. Теория сверхпроводимости  | 8            | 4   |                           |                            | 4     | 4 |   |
| Тема 7. Теория линейного отклика  | 8            | 4   |                           |                            | 4     | 4 |   |
| Тема 8. Электрон-фононное взаимодействие  | 9            | 4   |                           |                            | 4     | 5 |   |
| Тема 9. Электроны в случайном потенциале  | 7            | 3   |                           |                            | 3     | 4 |   |
| в т.ч.текущий контроль  |              | 4   |                           |                            |       |   |   |
| Промежуточная аттестация – Зачет  |              |   | 1                         |                            | 1     |   |   |
| Итого   |              | <b>108</b>  |                           |                            |       |   |   |

### 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 ОПК-1, ПК-2, УК-5

1. Метод вторичного квантования. Вырожденный электронный газ со слабым отталкиванием (основное состояние).

2. Представление Гейзенберга, взаимодействия и Шредингера. Оператор эволюции.  $\Psi$ -операторы.

3. Функция Грина (определение). Свойства функции Грина (выражение среднего от операторов с помощью  $f$ -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) Теоретическая физика. Том 9. Статистическая физика. Ч.2. Теория конденсированного состояния. Учеб. пособ.: Для вузов. – 5 экз.

### б) дополнительная литература:

1) Абрикосов А.А., Горьков Л.П., Дзялошинский И.Е. Методы квантовой теории поля в статистической физике, М. Физматгиз, 1962. – 2 экз.

2) Маттук Р., Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел, М. Мир, 1969. – 2 экз.

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) Интернет-ресурсы справочной и математической литературы со свободным или условно-свободным доступом [www.eqworld.ipmnet.ru](http://www.eqworld.ipmnet.ru) , [www.twirpx.com](http://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».

Авторы \_\_\_\_\_ Протогенов А. П.

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><br>Знать принципы применения 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><br>Уметь формулировать задачи в рамках профильных физических и математических дисциплин, требующие использования метода функций Грина | Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины                                      | Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата |
| <u>Навыки:</u><br>Владеть знаниями, необходимыми для использования метода функций Грина для решения профильных задач физики                          | 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><br>Знать принципы применения метода функций Грина при решении научно-исследовательских задач, соответствующие направленности подготовки.                       | Успешная демонстрация знаний по базовым разделам дисциплины                                       | Отсутствие знаний или фрагментарные знания без положительного результата применения  |
| <u>Умения:</u><br>Уметь использовать полученные знания для решения конкретных научно-исследовательских задач с учетом отечественного и зарубежного опыта.                     | Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины                                       | Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата |
| <u>Навыки:</u><br>Владеть навыками решения задач, основанными на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях, современных методах исследований и информационных технологий. | 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><br>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><br>Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и тенденций развития области профессиональной деятельности; формулировать цели профессионального и лично- | Успешная демонстрация умений по базовым разделам дисциплины | Отсутствие умений или фрагментарное присутствие умений без положительного результата |

|  |  |  |
|--|--|--|
| стного развития, оценивать свои возможности, реалистичность и адекватность намеченных способов и путей достижения планируемых целей  |  |  |
| <u>Навыки:</u><br>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 знаний | Отсутствие навыков или фрагментарные навыки без положительного результата применения |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий   | 50 – 100%  | 0 – 50 %   |