



Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Рабочая программа дисциплины «Квантовая теория поля» для подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению «01.06.01 Математика и механика»

Рабочая программа дисциплины «Квантовая теория поля»

для подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по направлению 01.06.01 «Математика и механика»
образовательная программа «Математика и механика»

Разработчик программы

Семенов А.Г., к.физ.-мат.н., доцент факультета математики

Согласована Академическим советом Аспирантской школы по математике
«16» октября 2018 г., протокол № 10

Москва - 2018

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям аспиранта по направлению «01.06.01 Математика и механика», образовательной программе «Математика и механика» и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину и аспирантов.

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ подготовки научно-педагогических кадров по направлению «Математика и механика»;
- Образовательной программой «Математика и механика» подготовки аспиранта;
- Учебным планом подготовки аспирантов по направлению «01.06.01 Математика и механика», образовательной программе «Математика и механика», утвержденным в 2018 г.

2. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

В настоящее время квантовая теория поля является основным средством описания явлений происходящих в микромире: взаимодействия элементарных частиц, строение адронов и т. п. Её методы широко используются и в других областях теоретической физики: конденсированное состояние вещества, статистическая механика, теория турбулентности и др. Помимо этого, квантовая теория поля служит важнейшим стимулом для развития множества современных математических исследований. Курс посвящён изучению основных идей и методов квантовой теории поля, а также обсуждению применения её подходов к различным областям современной теоретической и математической физики. Будет рассказано о квантовании скалярных и калибровочных теорий, методе функционального интегрирования, построении теории возмущений и диаграммах Фейнмана, $(1+1)$ -мерных точно решаемых теориях, а также о применении этих подходов в различных областях современной науки.

Предварительная подготовка: Гамильтонова механика, Уравнения с частными производными, группы и алгебры Ли, Классическая теория поля, Квантовая механика.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает компетенции:

| Компетенция | Код по ОС ВШЭ | Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата) | Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | УК-1 | Демонстрирует способность стратегически и креативно мыслить, творчески подходить к оценке и решению проблем. | Практические занятия, посвящённые критическому чтению специальных текстов. Самостоятельная работа с академическими текстами |
| Способность генерировать оригинальные теоретические конструкции, гипотезы и исследовательские вопросы | УК-2 | Демонстрирует способность выбирать наиболее релевантные изучаемому предмету методы и стратегии исследований | Диспуты, дискуссии, подготовка докладов и выступлений |
| Способность осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения | УК-5 | Анализирует, оценивает потенциал новых учебно-методических ресурсов, целесообразность их использования в процессе исследования | Диспуты, групповые дискуссии, участие в исследовательских и творческих проектах; самостоятельная работа |
| Способность к научно-исследовательской деятельности в области фундаментальной и/или прикладной математики, в частности, в областях математической логики, алгебры, теории чисел, алгебраической геометрии, дифференциальной геометрии, топологии, дифференциальных уравнений, динамических систем, теории вероятностей и математической статистики, математической физики | ПК-1 | Демонстрирует способность стратегически и креативно мыслить, творчески подходить к оценке и решению проблем Анализирует мировые тенденции в математических кругах, демонстрирует их понимание и творчески использует в собственных исследованиях | Практическая работа в различных формах аудиторной и самостоятельной работы |
| Способность проводить теоретические и экспериментальные | ОПК-1 | Демонстрирует способность эффективно и творчески работать в исследовательских | Практическая работа в различных формах аудиторной и |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| исследования в математике, математической физике, информатике, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1) | | группах, выбирать наиболее эффективные методы и технологии исследования | самостоятельной работы |
| Способность к разработке новых методов исследования, их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в математике, математической физике, информатике с учетом правил соблюдения авторских прав | ОПК-2 | Демонстрирует способность эффективно и творчески работать в исследовательских группах, выбирать наиболее эффективные методы и технологии исследования | Практическая работа в различных формах аудиторной и самостоятельной работы |

4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к дисциплинам по выбору, предлагаемым к изучению аспирантам на первом, втором и третьем году обучения.

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

- Теория поля, симметрии, физические реализации.
- Скалярное поле и его квантование (операторный подход).
- Наблюдаемые и S-матрица.
- Метод функционального интегрирования.
- Ряд теории возмущений и построение Фейнмановских диаграмм.
- Калибровочные поля и особенности их квантования.
- Абелевы и неабелевы теории, трюк Фаддеева – Попова.
- Фермионы в квантовой теории поля.
- Бесконечности в квантовой теории поля и методы работы с ними.
- Физические эффекты в КЭД и модельных системах.
- (1+1)-мерные системы.
- Применение методов квантовой теории поля в смежных областях.
- Интересные непертурбативные явления в модельных системах (при наличии времени).

6. ОЦЕНИВАНИЕ

H = Накопленная оценка есть средняя оценка по всем домашним контрольным в семестре.

\mathcal{E} = оценка за экзамен

Полная оценка это $0.4H + 0.6\mathcal{E}$. Округление в меньшую сторону.

7. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Тематика заданий текущего контроля

Примерные вопросы/задания для домашнего задания или для самостоятельного разбора

1. Теорема Вика для обычного и T -упорядоченного произведения полей.
2. Расчет симметричных факторов диаграмм Фейнмана в подходе функционального интеграла.
3. Производящий функционал сильносвязных функций Грина и их перенормировки.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к зачету (экзамену) по курсу.

1. Найти по теореме Нетер плотность энергии-импульса фермионного поля Дирака.
2. Доказать положительную определенность метрики пространства состояний квантового фотонного поля в лоренцевской калибровке.
3. Провести выделение расходимости собственной энергии фотона в одной петле в размерной регуляризации.
4. Привести к нормальному виду оператор S -матрицы самодействующего скалярного поля до второго порядка по константе взаимодействия.

8. РЕСУРСЫ

1. Основная литература

Пескин, М.

Введение в квантовую теорию поля / М. Пескин, Д. Шредер; Пер. с англ. под ред. А. А. Белавина, А. В. Беркова. – М.; Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2001. – 783 с. - ISBN 978-5-939720-83-0.

2. Дополнительная литература

Ландау, Л. Д.

Теоретическая физика: учеб. пособие для вузов: в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; Под ред. Л. П. Питаевского. – М.: Физматлит. – (Сер. "Теоретическая физика") . - ISBN 5-922100-53-Х.

Книга

53 Л222

Т.4 : Квантовая электродинамика / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. – Изд. 4-е, испр. – 2002. – 719 с. - ISBN 5-922100-58-0.

3. Программное обеспечение

| № п/п | Наименование | Условия доступа |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. | Microsoft Windows 7 Professional RUS Microsoft Windows 10 Microsoft Windows 8.1 Professional RUS | <i>Из внутренней сети университета (договор)</i> |
| 2. | Microsoft Office Professional Plus 2010 | <i>Из внутренней сети университета (договор)</i> |
| 3. | LaTeX пакет верстки научных текстов | <i>Свободно распространяемый программный продукт</i> |

4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

| № п/п | Наименование | Условия доступа |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| | <i>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</i> | |
| 1. | База препринтов Cornell University | <i>https://arxiv.org/</i> |
| 2. | База данных зарубежной периодики MathSciNet | <i>Онлайн доступ из локальной сети НИУ ВШЭ</i> |
| | <i>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</i> | |

| | | |
|----|----------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Открытое образование | https://openedu.ru |
| 2. | Coursera | http://www.coursera.org |
| 3. | edX | https://www.edx.org/course |
| 4. | MITOPENCOURSE WARE | https://ocw.mit.edu/index.htm |
| | | |

5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);

- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для самостоятельных занятий по дисциплине оснащены персональными компьютерами, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.

Формат изучения дисциплины: без использования онлайн курса