

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова в городе Сарове

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор филиала МГУ в г.Сарове
Член-корреспондент РАН В.В. Воеводин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

Перенормировки, ренормгруппа, аномалии в квантовой теории поля

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Теоретическая физика

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Доцент Пронин Петр Иванович

Научный сотрудник Никитин Владимир Валерьевич

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:
 Является дисциплиной - по выбору, читается в 3 семестре обучения.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):
 Владение аппаратом квантовой теории поля, теории групп.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<ul style="list-style-type: none"> Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области теоретической физики в своей научно-исследовательской деятельности (СПК-1). 	<p>ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области теоретической физики, определять возможные направления научных исследований.</p> <p>ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования области теоретической физики.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической физики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2). 	<p>ЗНАТЬ базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании.</p> <p>УМЕТЬ используя знания в области теоретической физики проводить научные исследования.</p> <p>ВЛАДЕТЬ навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Способность определять основные направления внедрения научных результатов в 	<p>ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ</p>

<p>области теоретической физики (СПК-3).</p>	<p>проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области теоретической физики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов. ВЛАДЕТЬ методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области теоретической физики.</p>
--	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, всего 72 часа, из которых 36 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (12 часов занятия семинарского типа, 4 часа групповых консультаций, 2 часов индивидуальных консультаций, 4 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 8 часов мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

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

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы				
	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа			
1. Связные и сильно-связные диаграммы Фейнмана. Индекс расходимости диаграммы.	2	2	4		
2. Поля Янга-Миллса. Перенормировки в квантовой хромодинамике	3	3	4		
3. Ренормализационная группа (РГ) в квантовой хромодинамике	3	3	4		Опрос
4. Симметрии и законы сохранения. Тождества Уорда-Тахакаши-Славнова-Тейлора	2	2	5		—
5. Квантовые поправки и нарушение законов сохранения	3	3	5		
6. Физическое проявление аномалий в физике. Распады частиц.	3	3	5		Коллоквиум
7. Квантовая теория поля при наличии аномалий	2	2	5		
Другие виды самостоятельной работы (при наличии):	—	—			
Промежуточная аттестация (зачет(ы) и (или) экзамен(ы))			4		Экзамены
Итого	18	18	36	72	—

* Примеры форм текущего контроля успеваемости:
опрос; тестирование; контрольная работа; коллоквиум; реферат и и.д.

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Связные и сильно-связные диаграммы Фейнмана. Индекс расходимости диаграммы.	Связные и сильно-связные диаграммы Фейнмана, производящие функционалы связных и сильно-связных функций Грина, индекс расходимости диаграммы. Евклидов характер ультрафиолетовых (УФ) расходимостей и локальность УФ расходимостей примитивно расходящихся диаграмм. Типы регуляризаций УФ расходимостей: аналитическая регуляризация, регуляризация Паули-Вилларса, регуляризация в α -представлении, регуляризация высшими ковариантными производными. Размерная регуляризация.
2.	Поля Янга-Миллса. Перенормировки в квантовой хромодинамике	Действие, уравнения движения, калибровочная инвариантность. Правила квантования Фаддеева-Попова (ФП): член, фиксирующий калибровку, духи ФП, производящий функционал функций Грина. Диаграмматика: пропагаторы полей ЯМ и духов ФП и вершины взаимодействия. Преобразования Бекки-Рюэ-Стора-Тютиня (БРСТ): доказательство инвариантности квантового действия ФП
3	Ренормализационная группа (РГ) в квантовой хромодинамике	Ренормализационная группа (РГ) в теории ЯМ: смена перенормировочного предписания, поведение функций Грина при мультипликативном переопределении полей и зарядов, выделение тензорных структур и условия нормировки на двух- и трехточечную функции Грина поля ЯМ. Инвариантный заряд: функциональное РГ-уравнение для инвариантного заряда, дифференциальная форма РГ-уравнения, β -функция. Вычисление β - функции по расходимостям в теории с обрезанием в импульсном пространстве.
4	Симметрии и законы сохранения. Тождества Уорда-Тахакаши-Славнова-Тейлора	Понятия об основных группах симметрий в классической теории поля. Вывод первой и второй теоремы Нётер. Сохраняющиеся токи. Алгебра токов. Вывод тождеств Уорда-Тахакаши-Славнова-Тейлора как следствия законов сохранения в теории поля. Уравнения для коэффициентных функций и тождества Уорда
5	Квантовые поправки и нарушение законов сохранения	Сравнительный анализ методов регуляризации. Независимость аномальных вкладов от способа регуляризации. Анализ известных аномальных вкладов в моделях теории поля. Изучение киральных теорий
6	Физическое проявление аномалий в физике. Распады частиц.	Распад пиона на два фотона. $U(1)$ – проблема. Киральные поля и киральные аномалии. Роль киральных аномалий в физике высоких и сверхвысоких энергий.
7	Квантовая теория поля при наличии аномалий	Анализ корректных методов построения квантовой теории поля при наличии аномалий и их физических проявлений

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В., " Введение в теорию квантованных полей, 1976, издательство «Наука».

Фаддеев Л.Д., Славнов А.А., Введение в квантовую теорию калибровочных полей," М.: Наука, 1988

К.Хуанг, "Кварки, лептоны и калибровочные поля", Москва "Мир", 1985;

Д.Д. Иваненко, П.И. Пронин, Г.А. Сарданашвили «Групповые, геометрические и топологические методы в теории поля», ч. 1 и 2, Издательство МГУ, Москва, 1988.

Дж. Коллинз, Перенормировка, М.: Мир, 1988.

О.И. Завьялов, Перенормированные диаграммы Фейнмана, М.: Наука, 1979.

A. J. Macfarlane, G. Woo, " ϕ^3 theory in six dimensions and the renormalization group," Nucl. Phys. B77, 91 (1974); B86, 548 (1975) (erratum).

S. Weinberg, "High-energy behavior in quantum field theory," Phys.Rev. 118, 838 (1960).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Получить выражения для токов и алгебры зарядов в КЭД и КХД
2. Получить выражения для тензора-энергии импульса полей в КХД, КЭД и теории скалярного поля
3. Вычисление однопетлевой β -функции в теории ЯМ с калибровочной группой SU(2).
4. Методом раздвижки точек регуляризовать аксиально-векторный ток
5. Вычисление β -функции по расходимостям в теории с обрезанием в импульсном пространстве для четырехбозонного взаимодействия.
6. Регуляризовать треугольные диаграммы к КЭД методом Паули-Вилларса

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Получить выражения для токов и алгебры зарядов в КЭД и КХД
2. Получить выражения для тензора-энергии импульса полей в КХД, КЭД и теории скалярного поля
3. Вычисление однопетлевой β -функции в теории ЯМ с калибровочной группой SU(2).
4. Методом раздвижки точек регуляризовать аксиально-векторный ток
5. Вычисление β -функции по расходимостям в теории с обрезанием в импульсном пространстве для четырехбозонного взаимодействия.
6. Регуляризовать треугольные диаграммы к КЭД методом Паули-Вилларса

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В., "Введение в теорию квантованных полей, 1976, издательство «Наука».

Фаддеев Л.Д., Славнов А.А., Введение в квантовую теорию калибровочных полей," М.: Наука, 1988

К.Хуанг, "Кварки, лептоны и калибровочные поля", Москва "Мир", 1985;

Д.Д. Иваненко, П.И. Пронин, Г.А. Сарданашвили «Групповые, геометрические и топологические методы в теории поля», ч. 1 и 2, Издательство МГУ, Москва, 1988.

Дж. Коллинз, Перенормировка, М.: Мир, 1988.

О.И. Завьялов, Перенормированные диаграммы Фейнмана, М.: Наука, 1979.

A. J. Macfarlane, G. Woo, “ theory in six dimensions and the renormalization group,” Nucl. Phys. B77, 91 (1974); B86, 548 (1975) (erratum).
S. Weinberg, “High-energy behavior in quantum field theory,”
Phys.Rev. 118, 838 (1960).

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

<https://arxiv.org/>

<https://www.ligo.caltech.edu/page/recommended-reading>

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Compute Node for Power, LE, Self-support 4 шт. №5540331
2. Программный продукт Red Hat Enterprise Linux Server for HPC Head Node for Power, LE, Standard 1 шт. №5540332
3. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 11 SP4 for x86_64 16 шт.
4. Операционная система Red Hat Enterprise Linux Server 5.0 for x86_64 14шт.
5. Операционная система SUSE Linux Enterprise Server 10 SP3 for ppc64 7 шт.
6. Операционная система Ubuntu 18.04.
7. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
8. Операционная система ALTLinuxMATEStarterkit 9 лицензияGPL
9. Программный продукт JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
10. Программный продукт JetBrains PyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrains CLion Community Edition Free Educational Licenses
12. Программный продукт UPPAAL (<http://www.uppaal.org/>) академическая лицензия
13. Программный продукт Java 8 (64-bit) Oracle Corporation
14. Программный продукт Java SE Development Kit 8(64-bit) Oracle Corporation
15. Программный продукт NetBeans IDE 8.2 NetBeans.org
16. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
17. Программный продукт CodeBlocks The Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0 Free Pascal Team
19. Программный продукт Python 3.5.1 (64-bit) Python Software Foundation

20. Программный продукт R for Windows 3.2.2 R Core Team
21. Программный продукт Haskell Platform 7.10.3 Haskell.org
22. Операционная система Microsoft Windows 7 корпоративная академическая лицензия
23. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
24. Программный продукт Microsoft Project Professional 2013 академическая лицензия
25. Программный продукт Microsoft Visio Professional 2013 академическая лицензия
26. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем (подлежит обновлению при необходимости)

<http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ

<http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»

<http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования

<http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации

<http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория на 15 мест, доска, мел, тряпка; опционально: ноутбук, проектор и экран.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.