

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:

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД

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.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Метод континуального интегрирования в квантовой теории поля» реализуется на 2-м курсе во 1-ом семестре и является составной частью профессионального блока вариативной части (дисциплина по выбору).

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Владение основами курсов «Методы математической физики», «Теоретическая механика», «Квантовая теория», «Электродинамика», «Классическая теория поля», «Теория групп и ее приложения», «Квантовая теория поля», «Физика фундаментальных взаимодействий» (вводный курс), «Теория фундаментальных взаимодействий».

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся (указывается согласно рабочему плану):

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа.

4.

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).	ЗНАТЬ основные законы и направления современных научных исследований в области теоретической физики. УМЕТЬ на основе фундаментальных знаний в области теоретической физики, определять возможные направления научных исследований. ВЛАДЕТЬ необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных

	источников по тематике избранного направления исследования области теоретической физики.
<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 области теоретической физики (СПК-3). 	<p>ЗНАТЬ основные направления инновационного развития в области теоретической физики.</p> <p>УМЕТЬ проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области теоретической физики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов.</p> <p>ВЛАДЕТЬ методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области теоретической физики.</p>

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Все1.
1. Канонический формализм в классической и квантовой теории. Лагранжева и гамильтонова формулировка теории поля. Каноническое квантование. Постулаты квантовой теории. Различные картины описания квантово-механических систем. Оператор эволюции.	5	1	1				2	2		3
2. Представление матричных элементов	5	1	1				2	2		3

<p>оператора эволюции в виде континуального интеграла по фазовому пространству. Представление в виде континуального интеграла по траекториям в фазовом пространстве и интеграла по координатной части фазового пространства. Вычисление матричного элемента оператора эволюции для свободной частицы.</p>										
<p>3. Голоморфное представление в квантовой теории. Формулировка, свойства, особенности и необходимость использования голоморфного представления в квантовой теории.</p>	6	2	1				3	2		3
<p>4. Оператор эволюции для гармонического осциллятора в голоморфном представлении. Вычисление матричного элемента оператора эволюции для квантово-механического одномерного осциллятора в голоморфном представлении. Обобщение на случай квантовой теории поля.</p>	4	1	1				2	1		2
<p>5. Матрица рассеяния в квантовой теории. Представления для матрицы рассеяния на внешнем классическом источнике. Матрица рассеяния в квантовой теории. Вывод представления для матрицы рассеяния на внешнем классическом источнике. Правила Фейнмана для матрицы рассеяния на</p>	5	2	1				3	2		2

произвольном потенциале.										
6. Матрица рассеяния в виде явно ковариантного континуального интеграла. Производящий функционал функций Грина. Представление для матрицы рассеяния и производящего функционала функций Грина в виде явно ковариантного континуального интеграла. Вывод граничных условий. Редукционная формула.	4	1	1				2	1		2
7. Антicomмутирующие переменные в классической и квантовой теории. Континуальный интеграл по антicomмутирующим переменным. Необходимость введения антicomмутирующих переменных. Алгебра Грассмана. Определение интеграла по антicomмутирующим переменным, его свойства. Вывод представления для ядра матрицы рассеяния дираковского поля.	7	2	2				4	2		3
8. Основы классической теории калибровочных полей. Калибровочная симметрия, калибровочные преобразования. Электромагнитное поле. Поле Янга-Миллса.	4	1	1				2	1		2
9. Калибровочное поле как система со связями. Классическая динамика калибровочных полей. Каноническое квантование электромагнитного	7	2	2				4	1		3

поля. Сведение электромагнитного поля к редуцированной системе.										
10. Квантование неабелевых калибровочных полей. Квантование поля Янга-Миллса в калибровке Кулона. Переход к калибровке Лоренца. Ковариантные правила Фейнмана для поля Янга-Миллса.	5	1	1				2	1		3
11. Квантование моделей со спонтанно нарушенной симметрией. Релятивистски инвариантная перенормируемая диаграммная техника для моделей со спонтанно нарушенной симметрией. Спонтанное нарушение симметрии в Стандартной модели. Унитарная калибровка. Матрица рассеяния для моделей со спонтанно нарушенной симметрий. Диаграммы и правила Фейнмана.	5	1	1				2	1		3
12. БРСТ-квантование. БРСТ-симметрия и ее свойства. БРСТ-заряд. Обобщенные тождества Уорда и их следствия.	6	2	2				4	1		2
13. Инвариантные регуляризации. Способы инвариантной регуляризации. Регуляризация высшими ковариантными производными.	4	1	1				2	1		2
Промежуточная аттестация: контрольная работа.	2		2				2			0

Итого	72	18	18				36			36
--------------	-----------	----	----	--	--	--	-----------	--	--	-----------

** Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций*

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:
учебные пособия, интернет-ресурсы.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
(приводятся типовые вопросы, тесты, темы рефератов и пр., а также таблица оценивания учебных достижений).

Типовые задачи по курсу (домашние задания):

1. Вычислить нормировочный множитель матричного элемента оператора эволюции квантово-механической частицы, рассматривая континуальный интеграл как предел конечномерной аппроксимации.
2. Вычислить матричный элемент оператора эволюции свободной квантово-механической частицы, рассматривая континуальный интеграл как предел конечномерной аппроксимации.
3. Вычислить спектр системы связанных осцилляторов (вещественное скалярное поле на одномерной решетке).
4. Вычислить матричный элемент оператора эволюции одномерного гармонического осциллятора, рассматривая континуальный интеграл как предел конечномерной аппроксимации.
5. Произвести явное вычисление континуального интеграла в голоморфном представлении для ядра матрицы рассеяния дираковского поля.
6. Выяснить, как преобразуется мера интегрирования по антикоммутирующим переменным при совершении произвольной линейной замены переменных интегрирования.
7. Вычислить континуальный интеграл, определяющий производящий функционал Z , и свободную функцию Грина электромагнитного поля в калибровке Лоренца.
8. Вычислить континуальный интеграл, определяющий производящий функционал Z , и свободную функцию Грина электромагнитного поля в калибровке Кулона.

Вопросы к экзамену:

1. Представление матричных элементов оператора эволюции в виде континуального интеграла по фазовому пространству.
2. Представление матричных элементов оператора эволюции в виде континуального интеграла по траекториям в координатном пространстве.
3. Оператор эволюции для свободной частицы.
4. Голоморфное представление в квантовой теории. Его свойства.
5. Оператор эволюции для гармонического осциллятора в голоморфном представлении.
6. Представление для матрицы рассеяния на внешнем классическом источнике.
7. Правила Фейнмана для получения матрицы рассеяния на любом потенциале.
8. Представление для матрицы рассеяния и производящего функционала функций Грина в виде явно ковариантного континуального интеграла.
9. Антиккоммутирующие переменные в классической и квантовой теории. Дифференцирование и интегрирование по антикоммутирующим переменным.
10. Континуальный интеграл по антикоммутирующим переменным.
11. Калибровочное поле как система со связями.
12. Квантование неабелевых калибровочных полей.
13. Квантование моделей со спонтанно нарушенной симметрией. Релятивистски инвариантная перенормируемая диаграммная техника для моделей со спонтанно нарушенной симметрией.
14. БРСТ-квантование.
15. Инвариантные регуляризации.

8. Таблица оценивания учебных достижений

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать основы метода континуального интегрирования, уметь применять этот метод для квантования полевых систем, а также уметь развивать методы диаграмматики Фейнмана при использовании континуального интеграла и иметь опыт самостоятельного решения задач.	Отсутствие знания основ теории.	Фрагментарное знание и неумение решать простые задачи.	Знание некоторых основ теории, но слабое владение математическим аппаратом, позволяющее решать лишь простейшие задачи.	В целом успешное освоение теории и умение решать стандартные задачи, но наличие отдельных пробелов.	Уверенное владение основами теории и ее математическим аппаратом, умение решать как стандартные задачи, так и задачи повышенной сложности.

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Славнов А. А., Фаддеев Л. Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей. М.: URSS, 2017.
2. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Введение в теорию квантованных полей. М.: Ленанд, 2018.
3. Romão J. C. Advanced Quantum Field Theory (Physics Department University of Lisbon, 2020), <https://porthos.tecnico.ulisboa.pt/Public/textos/tca.pdf>

4. Fradkin E. General Field Theory (Department of Physics, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2021), <http://eduardo.physics.illinois.edu/phys582/physics582.html>

Дополнительная литература

1. Зинн-Жюстен Ж. Континуальный интеграл в квантовой механике. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.
2. Вайнберг С. Квантовая теория поля. Т. 1. Общая теория. / Пер. с англ. под редакцией В. Ч. Жуковского. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015.
3. Пескин М., Шредер Д. Введение в квантовую теорию поля. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
4. Ициксон К., Зюбер Ж.-Б. Квантовая теория поля. Т. 2. М.: Мир, 1984.
5. Попов В. Н. Континуальные интегралы в квантовой теории поля и статистической физике. М.: Атомиздат, 1976.
6. Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М.: Мир, 1968.

10. Перечень ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

1. http://theorphys.phys.msu.ru/education/fiz_fund_vz.html
2. <http://pdg.lbl.gov/>
3. <http://arxiv.org/>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Для успешного выполнения заданий, входящих в самостоятельную работу, студентам предоставляются методические материалы, излагающие материал лекций и позволяющий как подготовиться к следующему семинару/лекции, так и окончательно усвоить ключевые моменты уже прослушанной лекции. В этих материалах также предлагаются домашние задачи, направленные не только на приобретение необходимых вычислительных навыков, но и на усвоение теоретической части лекций и семинаров. Выполнение всех задач, предлагаемых в качестве домашних заданий, является несомненной демонстрацией получения студентом и теоретической, и практической части компетенций, даваемых данным курсом. Использование учебников и другой дополнительной литературы не является необходимым для решения домашних задач: весь необходимый материал дается на аудиторных занятиях. В то же время, для дальнейшего углубления понимания курса и изучения моментов, не охваченных в лекциях, данная литература может быть полезной.

Во время групповых и индивидуальных консультаций сообщается дополнительная литература для решения отдельных задач, книги и оригинальные статьи для углубленного изучения избранных разделов курса по запросу обучающихся.

Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства
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 JetBrainsPyCharm Community Edition Free Educational Licenses
11. Программный продукт JetBrainsCLion 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 продуктCodeBlocksThe Code::Blocks Team
18. Программный продукт Free Pascal 3.0.0Free 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 продуктHaskell 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

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации
5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

12. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):
преподавание дисциплины в форме авторского курса по программе, составленной с учетом результатов исследований научных школ МГУ и ведущих мировых научных центров; дискуссии по актуальным проблемам современной физики элементарных частиц с использованием интернет-ресурсов (см.: http://library.web.cern.ch/particle_physics_information);

13. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине:
аудитория на 15 мест, доска, мел, тряпка; опционально: ноутбук, проектор и экран.