

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:37:00

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2eb454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Introduction to Path Integral Methods in Condensed Matter Physics / Методы континуального интегрирования в физике конденсированных сред

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

курсовая работа 3

самостоятельная работа

66

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	66	66	66	66
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Родионов Ярослав Игоревич

Рабочая программа

Introduction to Path Integral Methods in Condensed Matter Physics / Методы континуального интегрирования в физике конденсированных сред

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02_МФЗ-22-3А.plx Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Протокол от 23.06.2022 г., №7/22

Руководитель подразделения дфмн, профессор Мухин Сергей Иванович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель дисциплины – научить студентов технике функционального интегрирования для решения прикладных задач теоретической физики конденсированного состояния.
1.2	
1.3	Задачи дисциплины: научить
1.4	1. основам знаний необходимых для самостоятельного освоения современной научной литературы в области физики конденсированного состояния, в частности, технике интегрирования по траекториям, построению ряда теории возмущений, основам непертурбативных вычислений;
1.5	2. вычислять стандартные наблюдаемые, такие как проводимость и кондактанс;
1.6	3. формализму эффективного потенциала и действия;
1.7	4. работать с типичными статистическими суммами.
1.8	5. Диаграммной технике усреднения по беспорядку.
1.9	6. Работе с типичными квантово-полевыми моделями.
1.10	
1.11	The purpose is to teach student the technique of path integration for typical condensed matter problems.
1.12	
1.13	The task is to teach:
1.14	1. the basics of QFT technique in path -integral formalism: diagram technique and so on.
1.15	2. compute standard observables like conductivity or conductance
1.16	3. Effective potential formalism
1.17	4. Work with partition functions
1.18	5. Disorder averaging technique
1.19	6. Work with typical QFTs
1.20	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Scientific research / Научно-исследовательская практика	
2.1.2	Modern methods of structural characterisation of micro- and nano-systems/Современные методы диагностики и исследования материалов, нано- и микросистем	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Master's Thesis / Преддипломная практика	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы	
Знать:	
ОПК-2-31 Основы функционального интегрирования в задачах физики конденсированного состояния	
ОПК-2-32 Методы для расчета бесконечных сумм и произведений	
ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций	
Знать:	
ПК-2-31 Принципы ренормировки в квантовой теории поля	
ПК-2-32 Уравнения Геллмана-Лоу и Каллана-Симанчика	

ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутое навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы
Уметь:
ОПК-2-У1 Строить диаграммную технику для типичных задач квантовой теории поля.
ОПК-2-У2 Вычислять инстантонные и солитонные вклады
ПК-2: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций
Уметь:
ПК-2-У1 Пользоваться леммой Гельфанда-Яглома для вычисления функциональных детерминантов.
ПК-2-У2 Рассчитывать критические индексы квантово-полевых моделей.
ПК-2-У3 Проводить однопетлевые перенормировки
ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутое навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы
Владеть:
ОПК-2-В1 Интегрирования по траекториям для расчета наблюдаемых в конденсированных средах.
ОПК-2-В2 Вычислять и регуляризовывать бесконечные суммы и произведения
ОПК-2-В3 Решать уравнения ренорм-группы методом теории возмущений; осуществлять размерную регуляризацию

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Понятие функционального интеграла в квантовой механике. Инстантоны /The concept of path integral in QM. Instantons.							
1.1	Статистическая сумма /Partition function /Лек/	3	4	ОПК-2-32	Л1.1Л3.1 Л3.3			
1.2	Эволюция оператора во мнимом времени/ Evolution operator in imaginary time /Пр/	3	4	ОПК-2-32	Л1.2Л2.1Л3.1 Л3.3			
1.3	Функция Грина /Green's functions /Лек/	3	4	ОПК-2-31	Л1.2Л3.1 Л3.3			
1.4	Введение источника в действие /Source term in action /Пр/	3	4	ОПК-2-В1 ОПК-2-31 ОПК-2-32 ПК-2-32	Л1.2Л3.1 Л3.3			
1.5	Симметрии и мера Хаара /Symmetries and Haar measure /Лек/	3	4	ОПК-2-31 ОПК-2-32	Л1.2 Л2.1Л3.1 Л3.3			

	Раздел 2. Понятие функционального интеграла в квантовой теории поля. Построение диаграммной техники. /The concept of path integral in QFT. The building of diagrammatic technique.							
2.1	Интеграл по траекториям при нулевой температуре. Path integra at T=0. /Пр/	3	3	ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-2-В2	Л1.2Л3.1 Л3.3 Э1			
	Раздел 3. Формализм эффективного действия./ Effective action formalism							
3.1	Уравнения Дайсона и контактные члены/ Dyson equations and contact terms /Лек/	3	4	ОПК-2-31 ОПК-2-32	Л1.2Л3.1 Л3.3 Э1			
3.2	Тождества Уорда /Word identities /Лек/	3	1	ОПК-2-У1 ОПК-2-У2	Л1.2Л3.1 Л3.3 Э1			
3.3	Функциональный детерминант/ Functional determinant /Пр/	3	6	ОПК-2-У2 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.2Л3.1 Л3.3 Э1			
3.4	Статистическая сумма для фи-4 модели /Partition function for phi-4 model /Пр/	3	6	ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ОПК-2-В3 ПК-2-31	Л1.1Л1.2Л3.1 1 Э1			
3.5	Control work, chapters 1-5 /Ср/	3	4		Л1.1Л1.2Л3.1 Л3.3			
3.6	Статистическая сумма для сигма модели /Partition function for sigma model /Пр/	3	2	ОПК-2-В1 ОПК-2-В2 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2	Л2.1Л2.2Л3.1 Л3.3 Э1			
	Раздел 4. Теория линейного отклика/ Linear response theory							
4.1	Поляризационный оператор и перенормировка/ Polarization operator and renormalization /Пр/	3	4	ОПК-2-31 ОПК-2-32	Л3.1 Л3.3 Э1			
	Раздел 5. Усреднение по беспорядку и теория проводимости/ Disorder averaging and conductivity							
5.1	Эффективное действие для одноэлектронной системы /Effective action for single-electro system /Пр/	3	5	ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.2Л3.1 Л2.1 Л3.3 Э1			
	Раздел 6. Подготовка к экзамену/ Exam preparation							
6.1	Освоение материала по главам 1-5 и подготовка к курсовой работе /Mastering chapters 1-5 and preparation of course work /Ср/	3	60	ОПК-2-31 ОПК-2-32 ОПК-2-У1 ОПК-2-У2 ОПК-2-В1 ПК-2-31 ПК-2-32	Л3.3Л2.2Л3.1 Л2.1 Э1			
	Раздел 7. Контрольная работа. /Control work							

7.1	Контрольная работа /Ср/	3	2	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ОПК-2-У2 ОПК-2-32 ОПК-2-В2 ОПК-2-В3 ПК- 2-31 ПК-2-У1 ПК-2-32 ПК-2- У2 ПК-2-У3	Л1.1Л3.1Л3. 3 Э1			
-----	-------------------------	---	---	---	------------------------	--	--	--

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа	ОПК-2-31;ОПК-2-32;ПК-2-31;ПК-2-32	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вывод уравнения Гелл-Мана-Лоу для модели Гросса-Невё 2. Расщепление уровней энергии в двухгорбом потенциале. 3. Диаграммная техника для $O(n)$ -симметричной модели. 4. Эффективное действие для модели Матвеева. 5. Решение для осциллятора с частотой зависящей от времени. 6. Расчет времени жизни вакуума в фи-3 теории. 7. Получение инстантонов в действии син-гордона. 8. Инстантоны в двувяном потенциале. 9. Расчет голдстоуновских мод. 10. Перенормировка и симметрия / 1. Derivation of the Gell-Mann-Low equation for the Gross-Neveu model 2. Splitting of energy levels in a two-hump potential. 3. Diagram technique for $O(n)$ -symmetric model. 4. Effective action for the Matveev model. 5. Solution for an oscillator with a time-dependent frequency. 6. Calculation of vacuum lifetime in phi-3 theory. 7. Obtaining instantons in the action of syn-gordon. 8. Instantons in a two-explicit potential. 9. Calculation of the Goldstone modes. 10. Renormalization and symmetry

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

По курсу предусмотрена контрольная работа для проверки знаний и умений по разделам курса 1-4, УК-10.2-31, УК-10.2-У1, УК-10.2-В1, ПК-1.1-31, ПК-1.1-У1, ПК-1.1-В1, ОПК-3.1-31, ОПК-3.1-У1, ОПК-3.1-В1,

Problems for control work:

Problem 1

Compute coupling constant renormalization for sigma-model.

Problem 2

Write Gell-Mann-Low equation for phi-4 theory.

Problem 3

Compute the determinant for double well potential problem

Problem 4

Compute oscillator partition function.

По курсу предусмотрена курсовая работа. УК-10.2-31, УК-10.2-У1, УК-10.2-В1, ПК-1.1-31, ПК-1.1-У1, ПК-1.1-В1, ОПК-3.1-31, ОПК-3.1-У1, ОПК-3.1-В1

Возможные темы курсовых

1. Spontaneous symmetry breaking in non linear sigma-model

2. Noether theorem and Goldstone modes.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Discussions for exam

1. Coleman-Weinberg effective action (derivation)
2. Spontaneous mass in Gross-Neveu model.
3. Callan-Symanchik equation for phi-4 model.
4. Derivation of Gelfand-Yaglom lemma.
5. Level splitting in double-well potential.

Пример экзаменационного билета в Приложении.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка Критерии оценивания на зачете

Зачет Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер

«Незачет» Обучающийся не знает ответов на поставленные теоретические вопросы

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Абрикосов А. А., Горьков Л. П., Дзялошинский И. Е.	Методы квантовой теории поля в статистической физике	Электронная библиотека	Москва: Физматгиз, 1962

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Пайнс Д., Нозьер Ф., Абрикосов А. А.	Теория квантовых жидкостей: нормальные ферми-жидкости	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1967
Л2.2	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.2: Теория поля	Библиотека МИСиС	, 1988

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Абрикосов А. А.	Основы теории металлов: Для физ. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Наука, 1987
Л3.2	Векилов Ю. Х., Кузьмин Ю. М., Мухин С. И.	Квантовая механика: учеб. пособие для практ. занятий студ. спец. 1105	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001
Л3.3	Векилов Ю. Х., Иванов И. А., Матвеева Ю. Л., др., Мухин С. И.	Электронная теория металлов: сб. задач	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	QFT course	http://bolvan.ph.utexas.edu/~vadim/Classes/2016f/QFT.html
----	------------	---

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsvL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	Python

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.3	Иностраннные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.6	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.7	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
М-103	Мультимедийный тренинговый учебный класс:	рабочее место преподавателя, оборудованное персональным компьютером, пакет лицензионных программ MS Office; проектор; экран; маркерная доска; комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
М-103	Мультимедийный тренинговый учебный класс:	рабочее место преподавателя, оборудованное персональным компьютером, пакет лицензионных программ MS Office; проектор; экран; маркерная доска; комплект учебной мебели

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа обучающихся является формой организации образовательного процесса по дисциплине, стимулирующей активность, самостоятельность и познавательный интерес студентов.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает углубленное изучение разделов и тем дисциплины, основных и дополнительных источников учебной и научной литературы, подготовку докладов, выполнение курсовых работ.

Материалы докладов, курсовых работ в дальнейшем могут быть использованы при выполнении студенческих научных исследований и стать основой для подготовки выступлений на студенческих научно-практических конференциях, участия в конкурсах.

Самостоятельная работа направлена на поиск учебной и научной информации, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, на выработку умений и навыков рациональной организации своей деятельности.

Самостоятельная работа включает следующие виды деятельности:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку лекционных материалов (конспекты, презентации) и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор научной и учебной литературы с использованием библиотечных и электронных образовательных ресурсов, источников информации в сети «Интернет» по изучаемой теме дисциплины;
- освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения;
- подготовка к практическим, семинарским и лабораторным занятиям;
- выполнение курсовой работы; .
- подготовка к экзамену.