



Рабочая программа дисциплины «Теория струн»

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

профили: 01.01.03 Математическая физика;

01.01.04 Геометрия и топология;

01.01.05 Теория вероятностей и математическая статистика;

01.01.06 Математическая логика, алгебра и теория чисел

Разработчики программы

Маршаков А.В., д.физ.-мат.н., профессор факультета математики

Забродин А.В., д.физ.-мат.н., профессор факультета математики

Согласована Академическим советом Аспирантской школы по математике

«09» октября 2015 г., протокол № 11

Москва - 2015

*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», профили 01.01.03 Математическая физика; 01.01.04 Геометрия и топология; 01.01.05 Теория вероятностей и математическая статистика; 01.01.06 Математическая логика, алгебра и теория чисел, 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;
- Учебными планами подготовки аспирантов по направлению «01.06.01 Математика и механика», вышеуказанных профилей, утвержденными в 2015 г.

2. ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ

Целями освоения дисциплины «Теории струн» являются:

- Формирование у слушателей ясного представления о важнейших физических принципах, лежащих в основе современной теоретической физики фундаментальных взаимодействий, об основных моделях и математических структурах современной теории струн и методах их исследования;
- Знакомство с алгебраическим и аналитическим аппаратом современной теории струн, развитие физической интуиции и навыков решения стандартных задач;
- Выработка навыков научного общения, представления математических и физических результатов перед широкой физико-математической аудиторией.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Иметь представление об основных физических принципах и математических моделях, лежащих в основе современной теории струн, владеть математическим аппаратом, необходимым для анализа таких моделей, включая методы калибровочных теорий, технику функционального интегрирования, алгебраической геометрии, теории представлений и теории интегрируемых систем;
- Владеть навыками самостоятельного анализа проблем, возникающих в теории струн, проявить готовность к творческому подходу в реализации научных задач, основанному на систематическом обновлении полученных знаний, навыков и умений и использовании последних достижений в области теории струн и математической физики;
- Приобрести навык ведения научных дискуссий и выступлений на научных семинарах;

- Научиться работать с информацией в области современной струн и теоретической физики, физики высоких энергий из различных источников: отечественной и зарубежной научной периодической литературы, монографий и учебников, электронных ресурсов Интернет.

Настоящая дисциплина относится к циклу дисциплин теоретического обучения и блоку дисциплин по выбору.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- базовые курсы алгебры, математического и комплексного анализа;
- курс теории динамических систем;
- курс гамильтоновой механики и классической теории поля;
- курс статистической физики
- курс основ квантовой механики
- курс основ квантовой теории поля
- курс дифференциальной геометрии
- курс теории римановых поверхностей

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями:

- методами теории функций комплексного переменного и теории римановых поверхностей;
- основными понятиями и методами лагранжевой и гамильтоновой механики и классической теории поля
- основными понятиями и методами квантовой теории поля, техникой функционального интегрирования;
- методами дифференциальной геометрии и понятиями общей теории относительности;
- основными понятиями статистической физики и физики критических явления.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Спецкурс по теории представлений алгебры Вирасо и конформной теории поля;
- Дополнительные главы теории интегрируемых систем;

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 исследования в математике, математической физике, информатике, в том числе с	ОПК-1	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

использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1)			
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

1. Теория струн в формализме Полякова. Интеграл по поверхностям, двумерная гравитация и конформная аномалия.
2. Критическая размерность и теория Лиувилля.
3. Струнная теория возмущений.
4. Теорема Белавина-Книжника и мера Мамфорда. Интегрирование по пространству модулей римановых поверхностей в теории струн
5. Понятие о суперсимметрии. Суперструны
6. Низкоэнергетическое эффективное действие в теории струн
7. Струнные дуальности и D-браны

6. ОЦЕНИВАНИЕ

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

Основная форма текущего контроля – решение задач из домашних заданий и выступления по заранее заданным темам на семинаре. Часть задач повышенной сложности и темы для выступлений на семинаре носят исследовательский характер и предполагают самостоятельное изучение студентами материала, не излагавшегося на лекциях. Решение некоторых (но не обязательно всех) задач повышенной сложности является необходимым условием получения отличной оценки за домашнее задание (8-10 баллов).

Экзамен включает в себя письменную подготовку, состоящую из двух распространенных задач, решение которых требует от студента владения как

понятийным, так и техническим аппаратом по изучавшимся в течение модуля темам, а также из одного теоретического вопроса. На письменную подготовку отводится 1,5 часа. Затем студент в очной беседе с преподавателем излагает результаты своей письменной работы и, при необходимости, отвечает на 1-2 дополнительных вопроса. Время, отводимое на беседу: $\frac{1}{2}$ - $1\frac{1}{2}$ часа.

Порядок формирования оценок по дисциплине

Оценка текущего контроля Отекущий рассчитывается как взвешенная сумма двух форм текущего контроля, предусмотренных в РУП

Отекущий = $0.5 * \text{Од/з} + 0.5 * \text{Овыступл}$,

Оценки за домашнее задание Од/з и за выступление по заданной теме на семинаре Овыступл выставляются по 10-балльной шкале. Способ округления накопленной оценки текущего контроля: в пользу студента.

Студент, получивший низкие оценки текущего контроля, имеет возможность их однократной пересдачи.

Результирующая итоговая оценка за дисциплину учитывает также оценку за экзамен Оитог.контроль, выставляемую по 10-балльной шкале, и определяется по формуле

Результирующая итог = $0,4 * \text{Отекущий} + 0,6 * \text{Оитог.контроль}$

Способ округления результирующей итоговой оценки: в пользу студента.

На экзамене(зачете) студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную задачу), ответ на который оценивается в 1 балл.

Оценка за итоговый контроль - блокирующая, при неудовлетворительной итоговой оценке она равна результирующей.

В диплом ставится результирующая итоговая оценка по учебной дисциплине.

7. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Тематика заданий текущего контроля

Примерные вопросы/задания для домашнего задания или для самостоятельного разбора

1. Вейлевская симметрия действия Полякова для замкнутой струны. Конформная аномалия.
2. Функциональный интеграл по римановым поверхностям, сведение к интегралу по пространству модулей.

3. Принцип нахождения критической размерности в теории бозонных струн и суперструн.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к зачету (экзамену) по курсу.

1. Выписать действие Полякова для замкнутой струны и указать его симметрии.
2. Найти объем модулярной фигуры на плоскости модулярного параметра эллиптических кривых
3. Вычислить интеграл, задающий 4-точечную древесную амплитуду для замкнутой струны (амплитуда Шапиро-Вирасоро).
4. Получить явный вид тензора энергии-импульса для bc-системы.

8. РЕСУРСЫ

1) Основная литература

INTRODUCTION TO STRING THEORY by Gerard 't Hooft, свободно доступна по ссылке

<http://www.staff.science.uu.nl/~hooft101/lectures/stringnotes.pdf>

2) Дополнительная литература

PARTICLES IN STRING THEORY by Daniel Wagenaar, свободно доступна по ссылке

<http://www.danielwagenaar.net/papers/97-Wage.pdf>

3) Программное обеспечение

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

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	https://arxiv.org/
2.	База данных зарубежной периодики MathSciNet	Онлайн доступ из локальной сети НИУ ВШЭ
<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