

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Суперсимметрия

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 – Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1 – Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

ИПК-1.2 – Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

ИПК-1.3 Владеет навыками аналитической переработки информации, проведения исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, обобщения и представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат алгебры и анализа с антикоммутирующими переменными, изучить структуру представлений алгебры $N=1$ суперсимметрии в различных размерностях, освоить суперполевые и компонентные методы исследования моделей теории поля.

– Научиться применять методы суперсимметрии для построения и изучения моделей суперсимметричной механики и теории поля в различных размерностях и решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 8, дифференцированный зачет.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам:

дифференциальное и интегральное исчисление, линейная алгебра, математическая физика, классическая механика, классическая теория поля.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 32 часа, из которых:

– лекции: 22 ч.;

– практические занятия: 10 ч.;

в том числе практическая подготовка: 10 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Суперчисла.

Краткое содержание темы.

Алгебра Грассмана, суперчисла, грассманова четность, суперматрицы и обращение с ними.

Тема 2. Суперпространство.

Краткое содержание темы.

Суперпространство. Дифференцирование в суперпространстве. Интегрирование в суперпространстве. Дифференциальные формы на суперпространстве. Замена переменных в суперпространстве. Суперскобка Ли. Супертождества Якоби.

Тема 3. $N=1$ супералгебра.

Краткое содержание темы.

Матрицы Дирака и спиноры в различных размерностях. $N=1$ супералгебра Пуанкаре в произвольной размерности. Теорема Хаага-Лопушанского-Сониуса.

Тема 4. Представления $N=1$ супералгебры Пуанкаре.

Краткое содержание темы.

Представления $N=1$ супералгебры в пространстве произвольной размерности. Метод нелинейных реализаций групп Ли. Структура неприводимых унитарных представлений $N=1$, $d=4$ супералгебры Пуанкаре.

Тема 5. Теория поля в суперпространстве.

Краткое содержание темы.

Ковариантная производная. Киральное суперполе. Вариационный принцип в суперполеводном подходе.

Тема 6. Функционал действия в суперполях и компонентах.

Краткое содержание темы.

Суперполеводный функционал действия. Переход к компонентам в суперполеводном функционале действия. Суперсимметрия вне и на массовой оболочке.

Тема 7. Модель Весса-Зумино.

Краткое содержание темы.

Киральный мультиплет. Суперполеводная и компонентная форма модели Весса-Зумино.

Тема 8. Суперсимметричная теория поля Янга-Миллса.

Краткое содержание темы.

Векторный мультиплет в компонентах. Векторный мультиплет в суперполях. Суперполеводные калибровочные преобразования. Калибровка Весса-Зумино.

Тема 9. Геометрическая формулировка суперсимметричных калибровочных теорий.

Краткое содержание темы.

Дифференциальные формы на суперпространстве. Тетрада. Связность и кривизна. Тождества Бьянки. Условия связи. Решение тождеств Бьянки и условий связи.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Дифференцированный зачет в восьмом семестре проводится в устной форме по билетам.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

б) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

Тема 1. Построение матричных реализаций конечномерных алгебр Грассмана.

Тема 2. Исследование супералгебр в рамках метода нелинейных реализаций и построение инвариантов.

Тема 3. Алгебра ковариантных производных.

Тема 4. Метод ковариантного проектирования для построения компонентных функционалов действия.

Тема 5. Элементы дифференциальной геометрии на суперпространстве.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Весс Ю., Беггер Дж. Суперсимметрия и супергравитация. М.: Мир, 1986. — 150 с.

– Уэст П. Введение в суперсимметрию и супергравитацию. М.: Мир, 1989. — 328 с.

– Buchbinder I.L., Kuzenko S.M. Ideas and methods of supersymmetry and supergravity or a walk through superspace. — IOP Publishing, 1995. — 640 p. 10.

б) дополнительная литература:

– Березин Ф.А. Введение в алгебру и анализ с антикоммутирующими переменными. — М.: Изд-во МГУ, 1983. — 208 с.

– De Witt B.S. Supermanifolds. — Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1986. — 286 p.

– Gates S., Grisaru M., Rocek M., Siegel W. Superspace or one thousand and one lessons in supersymmetry. — Benjamin Cumming Publishing Comp., 1983. — 548 p.

в) ресурсы сети Интернет:

– Архив препринтов arxiv.org

– Bilal A. Introduction to supersymmetry, hep-th/0101055.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории, оборудованные соответствующей техникой (в том числе «Актру»), для реализации учебного процесса в смешанном формате.

15. Информация о разработчиках

Галажинский А.В., доктор физико-математических наук, профессор РАН, профессор кафедры квантовой теории поля ФФ НИ ТГУ.