

# О направлениях исследований научной группы ТГПУ в области современной теоретической физики

И.Л. Бухбиндер

ТГПУ, Томск

Научная сессия Объединенного ученого совета  
по физическим наукам СО РАН,  
Новосибирск, 17 мая, 2023 г.

## Цели и мотивации

- Развитие подходов к объединенной теории фундаментальных взаимодействий, включая гравитацию
- Построение новых моделей классической и квантовой теории поля
- Развитие новых методов квантования
- Развитие теоретических возможностей для описания физики за рамки Стандартной Модели

## Направления исследований научной группы

### hep-th (high energy theoretical physics)

- Квантовая теория поля в искривленном пространстве-времени
- Квантовая гравитация
- Суперсимметричная теория поля и супергравитация
- Квантование калибровочных теорий
- Теория полей высших спинов

### Направления main stream в области hep-th

Ежегодно около десятка публикаций в основных журналах hep-th: Nuclear Physics B, Physics Letters B, Journal of High Energy Physics, Physical Review D, European Physical Journal C, ...

Научное сотрудничество (в разное время)

- С российскими организациями: Объединенный институт ядерных исследований, Физический институт РАН, Институт математики СО РАН, Институт физики высоких энергий, ...
- С зарубежными университетами и научными организациями: Бразилия, Великобритания, Германия, Италия, США, ....
- Международная конференция “Квантовая теория поля и гравитация”

### Исследования поддерживались:

- РФФИ, в течение всего периода работы фонда
- Президентская программа поддержки ведущих научных школ РФ, с начала действия программы до введения возрастного предела для руководителя
- ИНТАС, в течение всего срока действия программы
- Проектные части госзаданий

# Квантовое эффективное действие в $6D$ , $\mathcal{N} = (1, 1)$ суперкалибровочной теории

- Общая мотивация изучения квантовых суперсимметричных теорий в высших измерениях- исследование возможностей изучения низкоэнергетических эффектов теории суперструн методами квантовой теории поля.
- Теория суперструн предсказывает существование особых протяженных объектов-  $D$ - бран, тесно связанных с суперсимметричными калибровочными теориями в разных измерениях.
- $D3$ -брана -  $D4$ ,  $\mathcal{N} = 4$  суперкалибровочная теория.
- $D5$ -брана -  $D6$ ,  $\mathcal{N} = (1, 1)$  суперкалибровочная теория.
- Проблема квантовой структуры полевых теорий, редуцированных из теории суперструн; N. Seiberg, E. Witten, 1996, 1997.

$6D$ ,  $\mathcal{N} = (1, 1)$  суперкалибровочная теория в некоторых аспектах аналогична  $D4$ ,  $\mathcal{N} = 4$  суперкалибровочной теории. Допускает формулировку с явной  $\mathcal{N} = (1, 0)$  суперсимметрией в терминах гармонического суперпространства.

## Теории в высших размерностях без высших производных неперенормируемы по индексу

- Полевой предел суперструнных амплитуд показывает, что  $6D, \mathcal{N} = (1, 1)$  теория конечна в однопетлевом приближении; M.B. Green, J.H. Schwarz, L. Brink, 1982.
- Однопетлевая конечность на массовой оболочке в бозонном секторе; E.S. Fradkin, A.A. Tseytlin, 1983.
- Двухпетлевая конечность, в основном в бозонном секторе и на массовой оболочке; N. Marcus, A. Sagnotti, 1984.
- Анализ, основанный на on-shell суперсимметрии, калибровочной инвариантности и возможности переопределения полей свидетельствует о конечности на массовой оболочке в одно- и двухпетлевом приближениях; P.S. Howe, K.S. Stelle, 1984, 2003; G. Bossard, P.S. Howe, K.S. Stelle, 2009.
- Прямые вычисления амплитуд в  $6D, \mathcal{N} = (1, 1)$  теории до 5 петель и в  $D8, 10$  теориях до 4 петель показывают, что в  $6D$  теории on-shell расходимости начинаются с трех петель, в  $D8, 10$  теориях - с одной петли; L.V. Bork, D.I. Kazakov, M.V. Kompaniets, D.M. Tolkachev, D.E. Vlasenko, 2015.

Общая проблема: полный анализ структуры расходимостей вне массовой оболочки (off-shell)

Основной объект квантовой теории поля - эффективное действие

Эффективное действие = классическое действие + квантовые поправки

Проблемы вычисления эффективного действия в суперсимметричных калибровочных теориях

- Сохранение явной калибровочной инвариантности
- Сохранение явной суперсимметрии

Решение

- Метод фонового поля
- Формулировка суперпространстве
- Метод собственного времени

## Некоторые результаты

- Теория сформулирована в  $\mathcal{N} = (1, 0)$  гармоническом суперпространстве
- Разработан суперполевого метод фонового поля
- Разработан суперполевого метод собственного времени
- В одно- и двухпетлевом приближениях все расходимости пропорциональны классическим уравнениям движения
- Теория конечна вне массовой оболочки в однопетлевом приближении

Начиная с 2016 года опубликовано 14 статей

Часть работы, удостоенной первой премии по теоретической физике  
Объединенного института ядерных исследований за 2022 год

Спасибо за внимание!