

**БИБЛИОГРАФИЯ**

539.12.01(049.3)

**ЕДИНЫЕ СТРУННЫЕ ТЕОРИИ**

*Unified String Theories: Proceedings of Santa Barbara 1985 Workshop/Eds M. Green, D. Gross.— Singapore: World Scientific, 1986.— 744 p.*

В настоящее время большую популярность приобрела идея, что теории струн могут служить основой для построения единой теории, объединяющей непротиворечивым образом все фундаментальные взаимодействия в природе. Рецензируемая книга — труды семинара по теории струн, который состоялся в июле — августе 1985 г. в Институте теоретической физики Университета Калифорнии в Санта-Барбаре (США). В работе семинара приняли участие большинство ведущих специалистов, что обусловило весьма высокий уровень пак обзорных лекций, так и оригинальных сообщений.

Книга открывается составленным Д. Гроссом списком основных вопросов, стоящих перед теорией струн: Каковы «первопринципы» теории струн? Сколько существует различных теорий струн? Как развить ковариантную теорию возмущений и как выйти за ее рамки? Почему вакуум теории струн устроен так, что непосредственно наблюдаемыми являются лишь четыре — пространственно-временных измерения? Сводится ли теория струн при «низких» энергиях к полностью реалистической четырехмерной единой теории, согласующейся с наблюдениями? Существуют ли специфические «струнные» эффекты, предсказываемые теорией струн? Отсутствуют ли в теории струн сингулярности, имеющиеся в общей теории относительности? Первые попытки ответа на эти вопросы содержатся в статьях, включенных в книгу.

Примерно две трети объема книги занимают лекции по различным аспектам теории (супер)струн. Лекции Ч. Торна посвящены введению в теорию «первично-квантованных» бозонных струн. Подробно излагается формализм «калибровки светового конуса», ковариантное квантование и теорема об отсутствии духов. Рассмотрена также «дискретная» формулировка теории, в которой координата, нумерующая точки струны, выбирается дискретной. Темой лекций С. Мандельштама является описание амплитуд рассеяния взаимодействующих струн с помощью функционального интеграла в калибровке светового конуса. Исследованы технические аспекты вычисления многопетлевых диаграмм в теории бозонных струн, необходимые, в частности, при доказательстве ультрафиолетовой конечности теории. В лекциях О. Альвареса дан обзор дифференциально-геометрического подхода к квантованию струн, основанного на ковариантном функциональном интеграле по поверхностям, введенном А. М. Поляковым. Подробно описан выбор ковариантной калибровки и сведение континуального интеграла (в критической размерности) к интегралу по конечномерному пространству модулей.

Лекции С. Шенкера и Д. Фридана посвящены приложению методов двумерной конформно-инвариантной квантовой теории поля (КТП) к теории струн. Дан обзор основных понятий койформной КТП (тензор энергии-

импульса, алгебра Вирасоро и ее представления, операторное разложение, условие унитарности и т. п.). Подробно исследована суперконформная КТП в связи с фермионными струнами Невю — Шварца — Рамона. В частности, введено понятие суперримановой поверхности, исследована структура суперконформного духового сектора, развито БРСТ-квантование фермионных струн (включая построение ковариантного вершинного оператора излучения фермиона). В лекциях П. Годдарда и Д. Олива дано введение в теорию представлений алгебр Каца — Мури и их приложения к теории струн. Рассмотрены вопросы построения представлений алгебры Вирасоро и ферми-бозе-эквивалентности в двумерном пространстве.

Введение в различные аспекты теории суперструн дано в лекциях Л. Бринка и М. Грина. Рассмотрено построение функциональной («вторично-квантованной») теории суперструн в калибровке светового конуса, сокращение аномалий в однопетлевых диаграммах в теории  $SO(32)$ -открытых суперструн, а также сокращение аномалий с точки зрения низкоэнергетической теории поля ( $D = 10$ )-супергравитации, взаимодействующей с суперсимметричной теорией Янга — Миллса). Обзор теории гетеротических суперструн дан в лекциях Д. Гросса. Построены вершинные операторы взаимодействия гетеротических струн с внешними полями и проведено вычисление древесных и однопетлевых амплитуд рассеяния для безмассовых частиц. Рассмотрен вопрос о нахождении низкоэнергетического эффективного лагранжиана для полей, отвечающих безмассовым возбуждениям струны, и найдены поправки четвертого порядка по кривизне к эйнштейновскому лагранжиану.

Две лекции Э. Виттена «Топологические методы в десятимерной физике» и «Объединение в десяти измерениях» посвящены анализу возможных следствий теории десятимерных суперструн в предположении компактификации шести пространственных измерений. Обсуждается вопрос о происхождении квантового числа «аромат», свойства юкавских констант, существование магнитных монополей, природа хиггсовских бозонов и др.

Более специальные статьи (семинары) собраны в трех разделах: 1. Двумерная теория поля и функциональная техника, 2. Струнная теория поля. 3. Струнная феноменология. Большая часть статей первого раздела посвящена рассмотрению первично-квантованных струн во внешних полях. Соответствующие струнные действия отвечают двумерным сигма-моделям. В работах Э. Мартинека, П. Гинспаржа, А. Сена, С. Вадьи, И. Барса и Л. Мезинческу обсуждаются условия конформной инвариантности (конечности) струнных сигма-моделей, а также условия сохранения классических симметрии струнного действия на квантовом уровне (с учетом петель двумерной теории), т. е. условия сокращения двумерных аномалий. В статье Ж. Жэрве рассмотрены взаимосвязи теории струн и конформно-инвариантных двумерных теорий. В статьях Л. Мезинческу и В. Зигеля анализируются вопросы теории суперструн в рамках ковариантного формализма, развитого М. Грином и Дж. Шварцем.

В статьях второго раздела (авторы У. Зигель, Б. Цвибах и Т. Бэнкс и М. Пешкин) обсуждаются различные аспекты вторично-квантованной теории струн, в которой основным объектом является струнное поле — функционал от контура в пространстве-времени. Сделан акцент на необходимости введения бесконечного набора струнных полей для получения локального ковариантного действия струнной теории поля.

В статьях раздела «Струнная феноменология» анализируются феноменологические предсказания теории гетеротических суперструн в рамках схемы компактификации шести «лишних» измерений на так называемое пространство Калаби — Яу (6-мерное кэлерово многообразие с группой голономии  $SU(3)$ ). В частности, подробно обсуждаются математические свойства пространства Калаби — Яу (Г. Хоровитц), соответствие при низких энергиях с теориями великого объединения (А. Строминджер, Ч. Наппи, Б. Оврут) и другие вопросы.

В целом книга дает весьма полное представление об уровне развития теории суперструн на конец 1985 г. и может служить введением в эту бурно развивающуюся область современной теоретической физики. Она представляет несомненный интерес как для специалистов, так и для начинающих изучать теорию струн.

*А.А. Цейтлин*