

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

Международная конференция "Квантование, калибровочные теории и струны", посвященная памяти Ефима Самойловича Фрадкина

(Москва, 5–10 июня 2000 г.)

5–10 июня 2000 г. в Москве проходила Международная конференция "Квантование, калибровочные теории и струны", посвященная памяти Ефима Самойловича Фрадкина. Ниже публикуются следующие материалы:

1. **Воронов Б.Л.** (Отделение теоретической физики им. И.Е. Тамма, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *О Международной конференции "Квантование, калибровочные теории и струны"*.

2. **Гинзбург В.Л.** (Отделение теоретической физики им. И.Е. Тамма, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *О Ефиме Фрадкине*.

3. **Фейнберг Е.Л.** Отделение теоретической физики им. И.Е. Тамма, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва). *Е.С. Фрадкин как личность*.

PACS numbers: 01.10.Fv, 11.15.–q, 11.25.–w

О Международной конференции "Квантование, калибровочные теории и струны"

Б.Л. Воронов

5–10 июня 2000 г. в Москве проходила Международная конференция "Квантование, калибровочные теории и струны", посвященная памяти Ефима Самойловича Фрадкина.

Конференция была организована Отделением теоретической физики им. И.Е. Тамма Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. Спонсоры конференции: Российская академия наук, INTAS, Российский фонд фундаментальных исследований, Министерство промышленности, науки и технологий РФ, Международный центр фундаментальной физики в Москве, Photon Physics, Visson Enterprises Ltd. Конференция проходила в Москве, в гостинице Дома туриста на Ленинском проспекте.

Посвящая конференцию памяти своего коллеги и учителя, выдающегося российского физика-теоретика Ефима Самойловича Фрадкина, организаторы исходили из того, что лучший способ почтить память ученого — это конференция, которая охватывала бы те направления науки, что были предметом его интереса и плодотворной деятельности. В результате оказалось,

что тематику конференции составили практически все ведущие направления современной теоретической и математической физики, касающиеся проблем структуры материи и фундаментальных взаимодействий: теория струн в современном широком ее понимании (М-теория), включая теорию высших спинов и конформные теории; проблемы квантования во всем многообразии современных подходов и формализмов применительно к самым разным системам, от одночастичных до полевых; новые продвижения в традиционной квантовой теории поля, в частности, новые аспекты калибровочных теорий; теория гравитации и космология; физика высоких энергий и конкретных взаимодействий, включая квантовую хромодинамику при высоких плотностях и температурах и квантовую электродинамику во внешних полях.

Приглашение для участия в конференции памяти Е.С. Фрадкина повсеместно встретило живой и благодарный отклик. В результате в ней приняли участие около 150 человек, в том числе около 70 иностранцев. Состав конференции оказался весьма представительным и включал многих ведущих специалистов в соответствующих областях. Всего на конференции было представлено более 130 докладов. Заседания конференции проходили, как правило, следующим образом: утренние часы были отданы пленарным приглашенным докладам, остальное время отдавалось параллельным секционным заседаниям.

Утреннее пленарное заседание первого дня было мемориальным и проходило в Физическом институте им. П.Н. Лебедева. С рассказом о жизненном пути и личности Е.С. Фрадкина выступили В.Л. Гинзбург и Е.Л. Фейнберг. О молодых годах Ефима Самойловича, проведенных на так называемом "Объекте", рассказал Ю.А. Романов. Воспоминаниями о "встречах с Ефимом Фрадковым" и своих впечатлениях поделились Л. Бринк (Швеция) и П. Нивенхойзен (США). Самостоятельный жизненный путь Ефима Самойловича начался с трагедии первых месяцев Великой Отечественной войны, когда почти вся его семья осталась на оккупированной территории и погибла от рук нацистов, продолжился службой сперва рядовым солдатом, затем, после тяжелого ранения, офицером в действующей армии, краткосрочным университетским курсом по окончании войны во Львове и, наконец, с 1948 г. оказался навсегда связанным с

теоретическим отделом ФИАН. С тех пор жизнь его была в неустанных размышлениях, вычислениях и обсуждениях с учениками и коллегами по поводу самых острых и самых трудных проблем теоретической физики — при живом и мудром интересе ко всем сторонам жизни вообще. Долговременным памятником ему будет "школа Фрадкина" и благодарная память людей.

В кратком обзоре не представляется возможным не только упомянуть обо всех докладах, но даже подробно остановиться на всех затронутых темах. Поэтому было принято решение ограничиться кратким изложением отдельных докладов, дающим представление о тематике конференции. Доклады изложены в той же последовательности, что и перечисленные выше темы конференции. Пробелы такого обзора будут восполнены изданием трудов конференции, предполагающимся в ближайшее время в издательстве "Научный мир", Москва.

В современной физике элементарных частиц нет решительных экспериментальных вызовов существующим представлениям о структуре материи и фундаментальных взаимодействиях. Теория струн является скорее ответом на внутритеоретические вызовы, вариантом саморазвития теории. Она кардинально меняет наши представления о пространстве–времени (дополнительные пространственные измерения) и материи (протяженные фундаментальные объекты) на малых масштабах и еще только должна найти свои экспериментальные подтверждения. По "струнной" тематике было представлено около 60 докладов.

Теория струн сохранила свои претензии быть "теорией всего", но обогатилась новыми идеями, так что вкладываемое в нее содержание в значительной мере изменилось. Современному состоянию теории струн был посвящен обзорный доклад Дж. Шварца (Калифорнийский технологический институт). В настоящее время достигнуто понимание глубоких и тонких связей между пятью известными и считавшимися до сих пор различными теориями суперструн — в виде так называемых соотношений дуальности, когда одна теория оказывается предельной версией другой теории (имеются в виду предельные переходы по параметрам теории). Представляется естественной идея объединения всех этих теорий в рамках одной основополагающей теории, получившей название М-теории. М-теорию еще предстоит построить, известны лишь отдельные ее фрагменты. В частности, считается, что пять известных теорий суперструн отвечают различным вакуумам М-теории. Считается также, что низкоэнергетическим пределом М-теории должна быть одиннадцатимерная супергравитация. Кроме фундаментальных струн, теория содержит непертурбативные (солитоноподобные) протяженные объекты, называемые p -бранами. Их можно представлять себе $p+1$ -мерными поверхностями (p пространственных измерений и одно временное) в многомерном объемлющем пространстве–времени. p -Браны определенным образом "заряжены", заряды являются источниками соответствующих калибровочных полей (обобщающих максвелловское поле). Концы фундаментальных струн могут находиться на p -бранах. С p -бранами связывается новая физика: на p -бранах основаны космологические модели ("сценарии"), альтернативные компактификации всех дополнительных измерений (см. ниже модель Рэндалла–Сандрума и доклад В.А. Рубакова).

Развивая идею дуальности, К. Халл рассматривает определенным образом компактифицированную теорию струн (М-теорию) в пределе, когда масштабный параметр стремится к бесконечности. В этом пределе все возбуждения становятся безмассовыми и возникает большое число ненарушенных симметрий. Результирующая теория оказывается определенной шестимерной суперконформной теорией с неожиданно высокой суперсимметрией — новым фрагментом М-теории.

Дуальной к $N = 4$ суперсимметричной теории Янга–Миллса является суперструнная теория II В со слабой связью в пространстве–времени $AdS_5 \times S^5$ (пятимерное пространство анти-де-Ситтера $\times$ пятимерная сфера) с так называемым рамон-рамоновским зарядом (говорят о струне на $R-R$ фоне). Уже построение струнного действия на таком фоне является трудной задачей, решенной сравнительно недавно (Мецаев–Цейтлин). В докладе А.А. Цейтлина вычисляются квантовые поправки к этому действию, которые оказываются связанными с вакуумными средними вильсоновских петель в дуальной янг-миллсовской теории в пределе сильной связи и большой размерности калибровочной группы.

Дальнейшее продвижение в этом и других направлениях связывается с построением методов ковариантного квантования суперструн Грина–Шварца, до сих пор отсутствовавших. В этом отношении обращает на себя внимание доклад Н. Берковица, в котором предлагается определенный метод ковариантного квантования. Он является новой версией формализма Грина–Шварца, включающей дополнительное коммутирующее спинорное поле, подчиненное определенным связям.

О фундаментальных микроскопических степенях свободы М-теории известно пока немного. Проявлением их могут быть так называемые BPS-состояния, солитоноподобные решения супергравитации с определенной компактификацией дополнительных измерений; их можно включить в супермультиплеты материи. Предполагается, что они соответствуют некоторым бранам непертурбативной теории струн. В докладе Б. де Вита рассматривается девятимерная $N = 2$ супергравитация, взаимодействующая с определенными (так называемыми ККА и ККВ) BPS-состояниями. Это приводит к двенадцатимерной теории поля с максимальной суперсимметрией, тремя компактными измерениями, но без лоренц-инвариантности. В специальном пределе декомпактификации получается одиннадцатимерная супергравитация, а BPS-состояния трактуются как супермембранные состояния, или как супер-Калуца-Клейн-состояния. В связи с этим возродился интерес к вопросу о квантовых поправках к характеристикам протяженных объектов и вообще к статусу BPS-состояний на квантовом уровне. В докладе П. Нивенхойзена обсуждается вычисление квантовых поправок к массе и центральному заряду суперсимметричного $D2$ кинка. Первоначально противоречивые результаты для массы кинка, полученные при двух способах регуляризации, в конце концов согласуются после уточнения массовой формулы и учета тонких граничных эффектов. Вычислена квантовая аномалия для центрального заряда и показано, каким образом на однопетлевом уровне восстанавливается BPS-ограничение.

Особое место заняла тема одиннадцатимерной супергравитации, предполагаемого низкоэнергетического приближения к М-теории. Известны два подхода к

формулировке этой теории — ковариантный и конусный формализмы; оба они были представлены на конференции. В докладе М. Седервала рассмотрена эффективная динамика теории в явно ковариантной и суперсимметричной формулировке. Показано, что предлагавшееся ранее ослабление ограничений на кручение суперпространства приводит к стандартным уравнениям одиннадцатимерной супергравитации. Обсуждается возможность обобщения ковариантного суперполевого формализма на теорию с высшими (R^4) производными. В докладе Р.Р. Мецаева дана суперполевая, без связей, конусная формулировка одиннадцатимерной супергравитации. Ожидается, по аналогии с обычной теорией струн, что именно эта формулировка допускает естественное продолжение М-теории. Найденны все четырехточечные функции на массовой оболочке, инвариантные относительно линейных суперсимметрий.

В последние годы активно обсуждается идея о том, что наша Вселенная является 3-браной, вложенной в многомерное, специальным образом компактифицированное пространство–время. М-теория предоставляет возможности для такого, пусть и достаточно изолированного, сценария. Интерес к этой идее существенно возрос после того, как Рандалл и Сандрум показали, что гравитация в таком мире будет эффективно четырехмерной, если геометрия окружающего пространства будет геометрией AdS_5 . Новым уроком является возможность того, что дополнительные пространственные измерения не обязательно компактифицированы (любопытно, что первоначально такую возможность еще в 1983 г. обсуждали В.А. Рубаков и М.Е. Шапошников). Особое внимание к этому сценарию привлекает потенциальная измеримость предсказываемых степенных поправок к закону Ньютона. В докладе К. Стелле обсуждается суперсимметричная версия реализации описанного сценария путем специальной $AdS_5 \times S^5$ компактификации II В супергравитации и вложения 3-браны в пространство анти-де-Ситтера AdS_5 . Предложен механизм, позволяющий обойти "no go" теоремы, обсуждавшиеся в докладе Р.Э. Каллош.

В докладе М.А. Васильева был представлен обзор развития теории калибровочных полей высших спинов в четырехмерном пространстве-времени. В историческом плане основной акцент был сделан на вклад в теорию, внесенный Е.С. Фрадким, начиная с первой его научной работы, посвященной теории поля спина 5/2. В докладе была описана полученная совместно с Е.С. Фрадким бесконечномерная алгебра симметрии высших спинов, а также действие, описывающее кубические взаимодействия калибровочных полей высших спинов друг с другом и с гравитацией. Приведена замкнутая формулировка нелинейных уравнений движения безмассовых полей всех спинов. Анонсирован новый результат в развитии конформной теории калибровочных полей высших спинов Линецкого и Фрадкина, состоящий в переформулировке связей конформной теории калибровочных полей высших спинов в форме условий ковариантного постоянства. Особое внимание было уделено обсуждению глубоких параллелей между свойствами теории калибровочных полей высших спинов и теории суперструн. Подчеркивалось, что тот факт, что алгебры симметрий высших спинов являются алгебрами квантовых осцилляторов, связывает воедино такие на первый взгляд разнородные свойства теории калибровочных

полей высших спинов как необходимость введения бесконечных наборов полей с неограниченно возрастающими спинами, появление высших производных в вершинах взаимодействия полей высших спинов и ключевая роль геометрии анти-де-Ситтера для построения калибровочно-инвариантных взаимодействий высших спинов.

Определенному итогу в развитии конформной теории поля был посвящен доклад В.Н. Зайкина и М.Я. Пальчика, идеи и выводы которого являются результатом совместной работы с Е.С. Фрадким, продолжавшейся до последних дней его жизни. Основная развиваемая идея состоит в обобщении результатов, полученных в двумерных теориях, на случай произвольного числа измерений. Ранее было замечено, что как в двумерном пространстве, так и в пространстве произвольного числа измерений в операторном произведении полей тензора энергии–импульса и материи возникают вторичные тензорные поля ("потомки") с определенными размерностями. Требование отсутствия таких полей приводит к алгебраическим уравнениям на аномальные размерности полей материи и к дифференциальным уравнениям на функции Грина. Однако в отличие от двумерного случая в D-мерном пространстве вторичные поля в вышеупомянутом операторном произведении появляются только при определенных условиях. Для скалярной теории с неабелевой глобальной симметрией показано, что вторичные поля возникают только в случае появления аномальных операторных слагаемых (аналогов центрального заряда) в операторном произведении двух сохраняющихся токов. Найденны условия возникновения таких аномальных операторов и их константы связи, а также функции Грина, включающие эти операторы. Исследованы тождества Уорда для функций Грина двух сохраняющихся токов.

Тематика проблем квантования и традиционной квантовой теории поля была представлена на конференции более чем 40 докладами.

Новый, более общий вывод теорем о связи спина со статистикой и о СРТ-симметрии представлен в докладе М.А. Соловьева. Он применим к квантовым теориям поля с произвольной степенью нелокальности. Такие теории могут возникать как эффективные теории поля, следующие из теории струн (М-теории). Доказано, что необходимым условием справедливости стандартных теорем является убывание коммутаторов сглаженных полей при пространственно-подобной раздвижке аргументов быстрее любой линейной экспоненты. Используемая при этом математическая техника представляет собой развитие теории распределений Шварца и гиперфункций Сато-Мартино. Она используется также для описания операторной реализации калибровочных теорий с сингулярным инфракрасным поведением в пространствах с индефинитной метрикой и в ковариантной калибровке общего вида (чему был посвящен доклад А.Г. Смирнова).

Вновь и вновь заставляет возвращаться к себе старая задача канонического квантования (псевдо) классической теории релятивистской частицы во внешних электромагнитном и гравитационном полях. Основная трудность состояла до сих пор в том, что в произвольных внешних полях (не рождающих пары) волновые функции не удовлетворяли уравнению Клейна–Гордона. В докладе Д.М. Гитмана показано, каким образом эта трудность преодолевается в результате модификации схемы кван-

тования. Предлагаемая модификация основана на использовании изначально приводимого представления канонических коммутационных соотношений и специальной конструкции для гамильтониана. Построенная квантовая механика буквально воспроизводит одночастичный сектор квантовой теории поля.

В докладе Р. Марнелиуса обсуждаются методы интегрирования инфинитезимальных калибровочных преобразований общего вида, генерируемых связями первого рода и образующих бесконечномерную открытую алгебру. Производящие уравнения конечных преобразований формулируются в расширенном фазовом пространстве, включающем госты и лагранжевы множители к связям, в терминах полного БРСТ оператора. Совместность композиционных свойств конечных преобразований обеспечивается мастер-уравнением, формулируемым в терминах квантовых антискобок, являющихся операторным обобщением классических антискобок формализма Баталина – Вилковиского. Результаты обобщаются на $Sp(2)$ -симметричную формулировку, включающую госты и антигосты равноправным образом.

Вопрос о возможности непротиворечивой динамики системы конечного числа полей спина 2 обсуждается в докладе М. Энно в рамках БРСТ подхода и в следующих предположениях: Пуанкаре-инвариантность, размерность пространства – времени больше 2; в пределе свободных полей набор полей спина 2 описывается суммой действий Паули – Фирца (линеаризованных действий Эйнштейна); точное действие содержит не более двух производных по координатам. Автор показывает, что полное действие имеет вид суммы действий Эйнштейна с возможными космологическими членами и действий Паули – Фирца, по одному на каждое поле. Перекрестные взаимодействия различных полей отсутствуют. Полученный результат согласуется с экспериментальным фактом отсутствия других полей спина 2, кроме гравитационного, поскольку гравитационное поле должно взаимодействовать с любой материей.

В докладе А.А. Славнова рассматривается формулировка калибровочных теорий, содержащих в стандартном формализме антикоммутирующие поля (например, госты), в терминах чисто бозонных полей. Это мотивируется большей эффективностью компьютерных вычислений детерминантов, представленных функциональными интегралами по бозонным полям, по сравнению с прямыми вычислениями. Приведена чисто бозонная формулировка четырехмерной теории Янга – Миллса, являющаяся специальной редукцией пятимерной теории. Рассмотрена также бозонизованная версия квантовой хромодинамики с двумя ароматами на решетке.

Особая тема последних лет — попытки непертурбативного рассмотрения суперсимметричных калибровочных теорий поля, исходя из правдоподобных гипотез о структуре спектра и об аналитических свойствах по параметрам теории (константам связи и вакуумным конденсатам). В докладе А.И. Вайнштейна сформулирован новый подход к изучению вакуумов в $N = 1$ суперсимметричных калибровочных теориях, основанный на "мягком" нарушении $N = 2$ суперсимметрии и использовании свойств точных решений Виттена – Зайберга для $N = 2$ суперсимметричных калибровочных теорий. Оказывается, что основной нетривиальный вклад в точные значения вакуумных конденсатов вносят инстантонные поправки в суперпотенциал Аффлекса – Дайна – Зайберга.

Данный подход в принципе позволяет исследовать конфайнмент электрических зарядов на основе аналогии с теорией сверхпроводимости и электромагнитной дуальности. Более подробно вопросы конфайнмента обсуждались в докладе А.В. Юнга, где была сделана, в частности, попытка провести параллели между ожидаемыми свойствами "неабелева" конфайнмента в квантовой хромодинамике и вышеупомянутого "абелева" конфайнмента в суперсимметричных калибровочных теориях. В докладе А.В. Маршакова обсуждалась замечательная связь теории Виттена – Зайберга с теорией интегрируемых систем: сингулярные кривые Виттена – Зайберга, отвечающие $N = 1$ суперсимметричным калибровочным теориям, одновременно описывают солитонные решения определенных интегрируемых систем, что позволяет легко вычислить эффективные константы связи и натяжения струн калибровочных теорий (последние просто равны фазам солитонов).

Современная квантовая теория гравитации многолика. С одной стороны, она тесно переплетается с гипотетической фундаментальной теорией струн. С другой стороны, современная космология, имеющая солидный экспериментальный статус, требует от нее теоретического объяснения наблюдательных данных. Эта многоликость нынешней гравитационной науки нашла полное отражение на настоящей конференции, где были представлены три ее основных направления: квантовая инфляционная космология, следующие из теории струн модели мира на бране ("brane-world scenarios") и теория квантовых черных дыр.

В докладе А.Д. Линде дан подробный обзор теории инфляции — от ее рождения до последних разработок, относящихся к послеполноценной предшествующей разогреву стадии ("preheating stage") космологической эволюции. Особо подчеркивалась роль нового эффективного механизма рождения материи во Вселенной на предшествующей разогреву стадии благодаря параметрическому резонансу при взаимодействии мод возбуждения материи с инфлатоном, возникающему в момент исчезновения поля инфлатона (на послеполноценной стадии инфлатонных осцилляций). А.О. Барвинский представил свою теорию квантовых эффективных уравнений для средних полей метрики и материи в инфляционной космологии, особо остановившись на постановке задачи Коши для этих уравнений: данные Коши должны извлекаться из квантового состояния Вселенной. Принципиально новым элементом этих уравнений является учет квантовых флуктуаций однородной скалярной моды — главной коллективной переменной квантовой космологической модели; ее пикообразное начальное распределение объясняет сравнительно малый характерный масштаб энергий в квантово-рожденной инфляционной Вселенной: он имеет тот же порядок, что и в теориях большого объединения.

Доклад В.А. Рубакова был посвящен гравитационным аспектам моделей мира (Вселенной) на бране. Обсуждалась природа дальнедействующих сил на 3-бране, погруженной в пятимерное пространство – время с некомпактным дополнительным измерением, в частности, интересный механизм метастабильности гравитона в модели Грегори – Рубакова – Серебрякова, обобщающей модель Рандалла – Сандрума, и скалярная (отталкивательная) природа гравитации, индуцируемой на бране, на сверхбольших расстояниях. Картину дополнил до-

клад С.Н. Солодухина, в котором утверждалось, что тензор энергии–импульса в уравнениях Эйнштейна, индуцируемых на бране "из объема" (т.е. согласно теории в объемлющем пространстве), содержит как члены высшего порядка по кривизне, так и голографический тензор энергии–импульса, следующий из AdS/CFT-дуальности (соответствия между пятимерной теорией (супер)гравитации в пространстве анти-де-Ситтера и четырехмерной конформной теорией поля на его границе).

В докладе М.З. Иофа обсуждается форма эффективного действия, следующих из него уравнений движения и их решений в теории суперструн с учетом струнных петлевых поправок. Для рассматриваемой компактификации гетеротической теории струн к четырем измерениям эффективное действие обладает локальной $N = 2$ суперсимметрией. Рассматривается решение уравнений движения, которое на древесном уровне струнной теории возмущений описывает магнитную черную дыру. При использовании $N = 2$ суперсимметрии эффективного действия найдены струнные петлевые поправки к древесному решению. Обсуждается возможность сглаживания сингулярности древесного решения струнными петлевыми поправками.

Проблемы квантовой хромодинамики (КХД), теории и феноменологии сильных взаимодействий составили предмет целой серии докладов.

Одной из самых сложных остается задача построения теории квантово-полевых неабелевых систем при высокой температуре и больших плотностях. В докладе Ж.-П. Блезе предложен новый подход к получению высокотемпературной асимптотики для энтропии кварк-глюонной плазмы. Его основу составляют скелетные разложения в (самосогласованных) уравнениях Швингера–Дайсона для температурных функций Грина и учет, наряду с ведущими вкладами от квазичастиц с энергиями порядка T , также и неведущих вкладов от мягких мод с энергиями порядка gT с помощью нелокального эффективного действия. Несмотря на неясности, связанные с точностью используемого приближения, вдохновляющим обстоятельством является совпадение полученной температурной зависимости для энтропии с результатами вычислений на решетке.

Новые результаты, полученные в рамках вильсоновского ренормгруппового подхода к описанию квантовой эволюции партонных корреляторов, обсуждались в докладе А.В. Леонидова. Достижением является единый вывод известных линейных и нелинейных уравнений эволюции КХД в приближении главных логарифмов по энергии и поперечному импульсу соответственно. При рассмотрении обеих асимптотик используется единое эффективное действие и одна и та же стартовая древесная конфигурация для КХД-партонной модели. Приводятся явные формулы для точного ядра общих нелинейных уравнений эволюции КХД, относящиеся к двум различным предписаниям (двум способам фиксации нулевой моды) для глюонного пропагатора; описание нелинейных эффектов зависит от выбора этого предписания.

В докладе И.М. Дремина обсуждались распределения по множественности частиц в кварковой и глюонной струях, предсказываемые на основе точного уравнения для производящего функционала КХД. Высокое качество имеющихся экспериментальных данных позволяет проводить детальное тестирование пертурбативных рас-

четов и оценку непертурбативных вкладов. В другом докладе им же обсуждался один из самых мощных современных методов событийного анализа процессов множественного рождения, основанный на использовании вейвлет-преобразований. Этим методом в ядроядерных соударениях были выявлены кольцевые структуры, свидетельствующие в пользу эффектов типа черенковского излучения глюона в цветной среде.

Проблемам экспериментальной диагностики кварк-глюонной плазмы, могущей возникать на ранних стадиях соударений ультрарелятивистских тяжелых ионов с помощью фотонных и дилептонных сигналов, были посвящены доклады И.В. Андреева и И.И. Ройзена соответственно. Согласно стандартному гидродинамическому описанию ядро-ядерных соударений при высоких энергиях переход кварк-глюонной плазмы в адроны в ходе динамического расширения должен сопровождаться излучением фотонов со специфическими спектральными и корреляционными характеристиками. Специфический дилептонный сигнал мог бы быть проявлением гипотетической "пион-валонной" фазы, промежуточной между фазой чисто кварк-глюонной плазмы и фазой конфайнмента и характеризующейся нарушением киральной симметрии и образованием конститuentных кварков (валонов). Учет валонной фазы, возможно, позволит описать наблюдавшийся в ЦЕРНе на ускорителе SPS дефицит дилептонов, предсказываемых стандартными сценариями.

В связи с новыми экспериментальными возможностями не ослабевает интерес к эффектам квантовой электродинамики (КЭД) в сильных внешних полях, в различных средах и при наличии границ.

В обзорном докладе Г. Зоффа и др. представлен современный теоретический и экспериментальный статус КЭД в полях сильно ионизированных тяжелых ионов. Приводятся результаты непертурбативных вычислений лэмбовского сдвига энергетических уровней водородоподобного иона урана. Достигнутая в настоящее время относительная точность вычисления энергии основного состояния составляет 10^{-6} , что позволяет в ближайшее время провести более детальную проверку тонких эффектов КЭД в сильных полях ионов.

Изучению электрослабого фазового перехода в постоянном электромагнитном поле и его связи с бариогенезисом в рамках Стандартной модели посвящен доклад В. Демчика и В. Скалзуба. Рассмотрение ведется в терминах самосогласованного эффективного потенциала скалярного и электромагнитного полей при конечной температуре, вычисляемого с учетом однопетлевых и кольцевых диаграмм. Массы фундаментальных частиц приняты равными их экспериментальным значениям, масса хиггсовского бозона принимается лежащей в интервале 75–115 ГэВ. Для напряженности магнитного поля $H = 10^{22} - 10^{23}$ Гс численным расчетом установлено наличие фазового перехода первого рода, однако скачок параметра порядка мал. Для более сильных полей наблюдается кроссовер. Делается вывод, что в Стандартной модели гипермагнитное поле не порождает сильного фазового перехода, и условия для бариогенезиса не выполняются.

В докладе К. Милтона дан обзор различных аспектов эффекта Казимира применительно к скалярному, электромагнитному и фермионному полям. Проанализированы зависимости этого эффекта от геометрии и от

размерности пространства. Наиболее подробно рассмотрен электромагнитный эффект Казимира, в частности, его связь с силами ван-дер-Ваальса и его приложения к диэлектрикам и полупроводникам различной формы. Обсуждается также возможная связь этого эффекта с явлением сонолюминесценции, физическая природа которого пока остается загадкой. Вычисления проводятся параллельно как традиционным методом, так и методом функций Грина.

В докладе Ю. Аудреча и В.Д.Скаржинского обсуждается возможный подход к проблеме поглощения в квантовой механике, основанный на использовании сингулярных притягивающих потенциалов. Различные модели поглощения реализуются специальным выбором точных решений стационарного уравнения Шрёдингера. Подробно рассмотрено движение заряженной частицы в потенциале Аронова–Бома и осесимметричном потенциале, пропорциональном обратному квадрату расстояния до оси.

С. Фуллинг предложил новую схему аппроксимации фейнмановского интеграла для пропагатора частицы во внешнем поле. Предложенная аппроксимационная процедура, основанная на разложении Вигнера–Кирквуда на коротком, но конечном интервале времени, быстро сходится, так что разбиение полного интервала времени уже на небольшое число интервалов обеспечивает хорошее приближение.

По общему мнению участников, конференция была хорошо организована и прошла успешно.

PACS number: 01.10.Fv

О Ефиме Фрадкине¹

В.Л. Гинзбург

Я уже много лет не занимаюсь проблемами, обсуждению которых посвящена настоящая конференция. Но она организована в память о Ефиме Фрадкине, и поэтому я решил здесь выступить. Дело в том, что я познакомился с Ефимом (Фимой, как мы его называли) раньше всех присутствующих. О том, как и почему я увидел Фиму в первый раз, скажу позже. Начну же с его биографии².

Ефим Самойлович Фрадкин родился 30 ноября 1924 г. в Белоруссии в местечке Щедрин, находившемся в так называемой "черте оседлости". В этой аудитории не все, особенно иностранцы, знают, что это означает. А означает это то, что в царской России, т.е. до 1917 г., евреи имели право проживать лишь в пределах определенных границ. Исключение делалось лишь для крестившихся евреев, богатых купцов и т.д., к числу которых Фрадкины не относились. Это была бедная, многодетная семья. Жили тяжело, а отца, бывшего раввина, к тому же репрессировали, и он умер в тюрьме. К счастью, расовых ограничений, а попросту говоря государственного антисемитизма, в 30-е годы в СССР не было, и Фима смог в 1940 г. поступить в Минский университет. Он проучился

там лишь один год до начала Великой Отечественной войны, т.е. до 22 июня 1941 г. Фиме удалось выбраться из Белоруссии до ее оккупации, но его мать, две сестры и младший брат погибли от рук нацистов. Из всей семьи, кроме Фимы, в живых остался только его старший брат, находившийся в армии. Фима некоторое время провел в эвакуации в Башкирии, работал учителем в школе, а в начале 1942 г. добровольцем ушел в армию рядовым. Под Сталинградом он был очень тяжело ранен, а после госпиталя попал в артиллерийское училище. Затем опять воевал, но уже офицером. Он получил боевые награды. С 1945 г. Ефим, продолжая служить в армии, заочно учился во Львовском университете. Только после демобилизации в 1946 г. он смог нормально учиться, и окончил университет в 1948 г. При этом написал целых две дипломных работы, одна из них, к сожалению, не опубликованная, была посвящена влиянию электрического поля на некоторые переходы в атомах. Во второй работе Ефим рассмотрел поведение релятивистской частицы со спином $5/2$. Эту тему он сам выбрал после того как прочел в библиотеке мою статью, посвященную спину $3/2$ [4]. Ему и захотелось обобщить мое рассмотрение на случай более высокого спина (позже эта статья была опубликована [5]).

По-видимому, во Львове совсем не было специалистов в области релятивистской квантовой теории, поэтому Фиме в 1947 г. удалось, пользуясь правами демобилизованного офицера, поехать в Москву. Вероятно, мы до этого обменялись письмами, не помню. А вот что хорошо помню, так это то, как Фима появился в ФИАНе (Физическом институте АН СССР им. П.Н. Лебедева), чтобы поговорить со мной. Мы встретились еще в старом здании ФИАНа на Миусской площади, сейчас там находится Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша. У меня был очень маленький кабинетик, какая-то отгороженная клетушка. И вот появился худенький мальчик низкого роста, в шинели. Я уступил ему единственный стул, а сам сидел на столе. Фима потом рассказывал мне, что был поражен: он рассчитывал увидеть солидного, важного профессора, (по-видимому, во Львове, до 1939 г. входившем в состав Польши, еще сохранилась такая старая профессура). А мне был 31 год, я не был солидным и важным. Да и никто у нас в Теоретическом отделе ФИАН не был солидным и важным, даже основатель Отдела проф. Игорь Тамм, хотя ему тогда было уже 52 года. В Отделе царил дружеская и демократическая атмосфера. Конечно, судить лучше со стороны, а я работаю в Отделе уже 60 лет (с 1940 г.). Но позволю себе высказать мнение, что наш Отдел не типичен, за все эти 60 лет у нас имел место только один серьезный конфликт, связанный с увольнением одного из сотрудников. Типично же для Отдела уважение к молодежи, отсутствие "приписывания" к чужим работам. В частности, Фима был моим аспирантом, мы много общались в тот период и обсуждали различные вопросы, но ни одной совместной публикации у нас нет. И.Е.Тамм и я оценили способности Фимы, и рекомендовали ему поступить в аспирантуру ФИАН. Но очень непросто было этого добиться, ибо в стране уже процветал государственный антисемитизм. С большим трудом Фиму удалось в 1948 г. принять в аспирантуру, да и то, думаю, лишь потому, что он получил ранение на войне. Кстати, мне кажется, что Фима стал бывать в Отделе еще в конце 1947 г. Насколько понимаю, Фима

¹ Выступление на Международной конференции "Квантование, калибровочные теории и струны", посвященной памяти Ефима Самойловича Фрадкина 5 июня 2000 г.

² В докладе частично повторен рассказ, опубликованный в моей статье [1] в сборнике, посвященном 60-летию Е.С. Фрадкина [2]. См. также некролог [3].