

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Дымарский Анатолий Яковлевич

**Квазиклассические решения в суперсимметричных
и некоммутативных моделях квантовой теории поля**

Специальность 01.04.02 – теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва – 2006

Работа выполнена на физическом факультете Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Научный руководитель: д. ф.-м. н. профессор В.Ч. Жуковский
(МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)

Официальные оппоненты: д. ф.-м. н. И.Я. Арефьева
(Математический Институт им. В.А. Стеклова РАН,
г. Москва)

д. ф.-м. н. Ю.М. Макеенко
(ГНЦ РФ ИТЭФ, г. Москва)

Ведущая организация: ИТФ им. Л.Д. Ландау РАН, г. Черноголовка

Защита состоится “___” декабря 2006 г. в ___ часов ___ минут на заседании диссертационного совета К.501.201.17 МГУ им. М.В. Ломоносова по адресу: 119992, Москва, Воробьевы горы, д. 1, стр. 2, физический факультет, ауд. _____.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан: “___” ноября 2006 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физико-математических наук

П.А. Поляков

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Современная физика высоких энергий и физика элементарных частиц стоят перед неким рубежом, обусловленным отсутствием новых экспериментальных фактов, не укладывающихся в рамки Стандартной Модели (СМ). Однако СМ не дает полностью удовлетворительное описание фундаментальных взаимодействий в силу сложности конструкции и наличия большого количества параметров, фиксируемых экспериментом. Некоторую ясность, по видимому, внесет Большой Ускоритель Адронов (ЛHC), который выведет экспериментальные наблюдения в область энергий порядка ТэВа. С этим экспериментальным проектом связывают большие надежды на нахождение “физики за пределами СМ”, то есть неких новых эффектов и явлений, не укладывающихся в рамки существующих представлений. Целый ряд других экспериментов, таких как измерение силы гравитационного взаимодействия на сверхбольших и сверхмалых расстояниях, также направлен на нахождение “новой физики”.

В качестве наиболее вероятных кандидатов на роль расширения СМ претендуют суперсимметричные обобщения СМ и теории поля с нарушенной лоренцевой симметрией. В связи с этим изучению этих теорий на сегодняшний день отводится особая роль.

Дополнительным стимулом к исследованию суперсимметричных теорий поля является их богатая динамика, в том числе нарушение киральной симметрии и конфайнмент. Это делает их похожими на квантовую хромодинамику (КХД) – еще одно центральное направление в современной физике высоких энергий. В результате на сегодняшний день асимптотически свободные суперсимметричные теории с богатой структурой вакуума и низкоэнергетическим спектром являются своего рода полигоном для отработки теоретических методов, позволяющих изучать низкоэнергетическую динамику возможных расширений СМ.

Интерес к теориям с нарушением лоренцевой инвариантности, в свою

очередь, объясняется попытками описать поведение физических систем на сверхбольших и, возможно, сверхмалых масштабах. Напомним, что однородность пространства на таких масштабах не является экспериментально установленным фактом. Более того, однородное на больших масштабах электромагнитное поле с необходимостью нарушит однородность пространства и происходящих в нем физических процессов. Некоммутативные теории, грубо говоря, являются эффективным описанием “обычных” коммутативных теорий в присутствии сильного однородного магнитного поля. Таким образом, некоммутативные теории это “предельный случай” нарушения лоренцевой симметрии внешним фоном. При этом возникает колебровочная группа симметрий, включающая в себя группу симметрий пространства. В последнее время некоммутативные теории являются все более и более популярным предметом для изучения, так как они могут очертить круг новых эффектов, возникающих в силу отказа от требования однородности пространства. На сегодняшний день этому предмету посвящена богатая литература, в том числе и публикации, обсуждающие экспериментальные ограничения на так называемый “параметр некоммутативности”.

Наиболее существенной сложностью при изучении суперсимметричных и некоммутативных теорий (а также других теорий, предположительно описывающих “новую физику”) является ограниченность используемого теоретического аппарата. Как правило, интересные эффекты возникают в режиме сильной связи и имеют непertурбативную природу. Это сильно ограничивает применимость стандартных методов, таких как пертурбативное (фейнмановское) разложение по константе связи или квазиклассическое приближение. Более того, сложный формализм обсуждаемых теорий не всегда позволяет строго определить границы применимости того или иного метода. В связи с этим развитие или новое применение известного теоретического метода к некоммутативным и суперсимметричным теориям представляет определенный интерес.

Данная диссертационная работа посвящена применению квазиклассического метода к некоммутативным и суперсимметричным моделям квантовой теории поля. Рассматриваемые проблемы существенно отличаются как по физическому контексту, так и по используемому формализму. Исполь-

зую квазиклассический метод (в частности, с помощью квазиклассических решений для рассматриваемых теорий), подтверждаются результаты, полученные ранее стандартными методами, а также получается целый ряд оригинальных результатов. Таким образом, обосновывается адекватность и применимость квазиклассического метода для рассматриваемых теорий.

Особенностью некоммутативных теорий поля является наличие дополнительного размерного параметра — “параметра некоммутативности” $\theta^{\mu\nu}$, который является невырожденным тензором второго ранга. Лагранжиан простейшей некоммутативной теории строится из лагранжиана обычной теории следующим образом: все операции умножения заменяются на ассоциативную, но не коммутативную операцию умножения “звездочка”, определенную следующим образом:

$$f * g(x) = e^{i\theta^{\mu\nu} \frac{\partial^2}{\partial x_1^\mu \partial x_2^\nu}} f(x_1)g(x_2)|_{x_1=x_2=x} = f \cdot g + \{f, g\} + O(\theta^2), \quad (0.1)$$

где $\{ \}$ — скобки Пуассона, определенные с помощью $\theta^{\mu\nu}$. Умножение звездочка (0.1) является нелокальным, так как включает в себя бесконечное количество производных. В связи с этим понятие частицы как локализованного точечного объекта уже не представляется удовлетворительным. Это подтверждает квантование даже простейшей теории с взаимодействием

$$\int \partial\phi * \partial\phi - \lambda\phi * \phi * \phi * \phi. \quad (0.2)$$

Как известно, ультрафиолетовые расходимости обычной квантовой теории поля определяются взаимодействием частиц на малых расстояниях, то есть имеют локальный характер. Однопетливое рассмотрение данной теории показывает, что некоторые ультрафиолетовые расходимости становятся конечными, но при этом зависят от инфракрасных расходимостей. Буквально, расходимость зависит и от ультрафиолетового, и от инфракрасного масштаба p_μ

$$\Lambda_{eff}^2 = \frac{1}{\frac{1}{\Lambda^2} + p_\mu p_\nu \theta^{\mu\nu}}. \quad (0.3)$$

Это явление получило название UV/IR смешивание. Из приведенной формулы видно, что эффективный ультрафиолетовый масштаб включает в себя

все степени импульса p_μ и не является локальным. В свете выше изложенного вопрос об описании некоммутативной теории в локальных терминах, то есть в терминах интегралов по траекториям отдельных частиц, приобретает особый интерес. Ответ оказывается положительным — данное описание возможно, однако в фазовом, а не в конфигурационном пространстве. Построению данного формализма посвящена вторая глава диссертационной работы.

Отдельный интерес вызывают попытки описывать некоммутативную теорию в классических терминах. Так, например, классические солитоны в некоммутативном случае локализованы и имеют конечный радиус. Во второй главе мы рассматриваем классическую траекторию некоммутативной частицы на фоне постоянного электромагнитного поля и показываем, что квазиклассический подход дает правильное описание квантовых эффектов распада ложного вакуума.

Другое интересное направление связано с недавно введенным дуальным описанием квантовых теорий поля с помощью десятимерных теорий супергравитации, находящихся в классической фазе (так называемая gauge/string duality). В связи с общей логикой этого подхода динамика некоторой четырехмерной квантовой теории полностью “закодирована” в классической динамике легких полей дуальной теории, таких как гравитон, дилатон и т.д. Глобальные симметрии калибровочной теории являются также и глобальными симметриями десятимерного гравитационного решения, а лагранжиан теории поля “закодирован” в его геометрических свойствах. Если же гравитационное решение не полностью нарушает суперсимметрию, то и теория поля оказывается суперсимметричной. Таким образом, изучение геометрических свойств классических решений десятимерной супергравитации определяет класс теорий поля, для которых дуальное описание может быть явно сконструировано.

Самым простым примером дуальности между теорией поля и гравитацией являются примеры гравитационных решений типа $AdS_5 \times T = \mathbb{R}^4 \times M^6$, где T — пятимерное многообразие типа Сасаки-Эйнштейна, а M , таким образом, коническое Калаби-Яу. Все решения подобного рода дуальны конформным теориям поля, что все же достаточно далеко от практических при-

ложений. Изучение более сложных геометрий, однако, позволяет сконструировать асимптотически-свободные примеры. Особенно важным является вопрос динамического нарушения суперсимметрии, так как, предположительно, наш мир описывается суперсимметричным расширением СМ в фазе динамического нарушения суперсимметрии. Исследовать данный вопрос в терминах теории поля либо очень сложно, либо просто невозможно в силу неприменимости пертурбативных методов. Дуальное описание дает очевидные преимущества, поскольку изучаемая теория находится в классической фазе и вопрос наличия суперсимметрии сводится к нахождению спинора Киллинга, удовлетворяющего системе линейных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}
N_{\mu_1\mu_2\mu_3}\Gamma^{\mu_1\mu_2\mu_3}\Psi &= 0 , \\
D_\mu\Psi + \frac{i}{1920}F_{\mu_1\cdots\mu_5}^{(5)}\Gamma^{\mu_1\cdots\mu_5}\Gamma_\mu\Psi + & \\
+ \frac{1}{96}F_{\mu_1\mu_2\mu_3}\left(\Gamma_\mu^{\mu_1\mu_2\mu_3} - 9\delta_\mu^{\mu_1}\Gamma^{\mu_2\mu_3}\right)\Psi^* &= 0 , \\
N_{\mu_1\mu_2\mu_3} &= g_s^{-\frac{1}{2}}H_{\mu_1\mu_2\mu_3} + ig_s^{\frac{1}{2}}F_{\mu_1\mu_2\mu_3}^{(3)} .
\end{aligned} \tag{0.4}$$

В данной диссертационной работе подробно обсуждается обобщение сингулярного конифолда

$$\sum_{i=1}^4 z_i^2 = 0 , \tag{0.5}$$

который соответствует $SU(2) \times S(2)$ инвариантной $\mathcal{N} = 1$ супермимметричной конформной теории поля с калибровочной группой $SU(N) \times SU(N)$. Обобщение сингулярного конифолда, так называемый деформированный конифолд

$$\sum_{i=1}^4 z_i^2 = -\frac{\varepsilon^2}{2} \tag{0.6}$$

соответствует суперсимметричной теории со сложной структурой потока ренормализационной группы (так называемый каскад), который ведет к конфайнменту при низких энергиях. Соответствующее решение имеет вид “искаженного” (warped) произведения четырехмерного пространства-времени

\mathbb{R}^4 и Калаби-Яу M (0.6) с риччи-плоской метрикой на нем

$$ds^2 = h^{-1/2} dx^2 + h^{1/2} ds_M^2 . \quad (0.7)$$

Так как многообразие M есть многообразие Калаби-Яу, решением уравнений Киллинга (0.4) является ковариантно постоянный спинор многообразия M тензорно помноженный на четырехмерный спинор необходимой киральности. Однако в более сложных ситуациях, когда многообразие M не является многообразием специальной голономии, нахождение решения для (0.4), которому посвящена третья глава диссертации, представляет собой интересную задачу математической физики с ясным физическим смыслом.

Другой метод исследования $\mathcal{N} = 1$ суперсимметричных теорий состоит в отыскании дуальных описаний в терминах матричных моделей. Это новое перспективное направление уже позволило получить точное описание вакуумных ожиданий киральных операторов и породило целую серию работ, посвященных кольцу киральных операторов. Основная идея этого подхода состоит в том, что в силу особенностей реализации алгебры суперсимметрии в этом случае вакуумное ожидание киральных операторов

$$F_{1..n} = \langle Q_1(x_1) \dots Q_n(x_n) \rangle \quad (0.8)$$

не зависит от точек их месторасположения x_1, \dots, x_n . Таким образом, коррелятор $F_{1..n}$ есть просто число, зависящее от квантовых чисел операторов Q_1, \dots, Q_n . Оказывается, числовое значение этого коррелятора, по крайней мере для операторов Q_n определенного вида $Q_n = \text{Tr}(\Phi^n)$, можно вычислить в рамках матричного интеграла как некий многотрейсовый коррелятор. Более того, с помощью того же матричного интеграла можно вычислить и эффективный суперпотенциал теории. Если исходная теория задавалась с помощью древесного суперпотенциала $W(\Phi)$, где

$$W'(x) = \prod_i (x - \alpha_i) = x^n - \sum g_k x^{n-k} , \quad \sum \alpha_i = 0 , \quad (0.9)$$

то эффективный суперпотенциал $W_{eff}(S_i, \alpha_i)$, зависящий от конденсата глюонных полей S_i и параметров затравочного потенциала α_i , дается следующим выражением:

$$W_{eff}(S_i, \alpha_i) = \sum_i \frac{\delta F}{\delta S_i} . \quad (0.10)$$

В свою очередь, F есть планарный вклад в свободную энергию эрмитовой матричной модели \tilde{F}

$$e^{-\tilde{F}} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\Lambda^{-N^2}}{\text{Vol}(\mathbf{U}(N))} \int d\tilde{\Phi}_{N \times N} e^{-\frac{1}{g_s} \text{Tr} W(\Phi_0 + \tilde{\Phi})} \quad (0.11)$$

в планарном квазиклассическом пределе $g_s \rightarrow 0$. Значения глюонных полей S_i зависят от выбора классического вакуума матричной модели Φ_0 .

Предложенный метод, как видно из вышесказанного, является исключительно интересным и инновационным. Важным является то, что подобно дуальности, обсуждавшейся ранее, матричная модель также должна рассматриваться в квазиклассическом режиме. В данной диссертационной работе мы обсуждаем свойства седловой точки матричного интеграла — квазиклассического решения в матричной теории, — тем самым продолжая рассмотрение применения квазиклассического метода к суперсимметричным теориям поля.

Научная новизна

В рамках данной диссертации получен ряд новых результатов. В том числе построен первично-квантованный формализм для полей произвольного спина в некоммутативном пространстве, взаимодействующих с калибровочными полями.

Вычислена вероятность рождения пар некоммутативных скалярных частиц на фоне однородного электрического поля в квазиклассическом приближении. Найденный ответ совпадает с полученным в рамках стандартного теоретико-полевого формализма, что подтверждает применимость квазиклассического метода к задачам некоммутативной теории квантовых полей.

Найдено явное решение для генератора десятимерной ПВ супергравитации (спинор Киллинга) в случае деформированного невырожденного конифолда в линейном порядке по параметру, снимающему вырождение. Полученное решение для спинора Киллинга имеет линейно-независимые коэффициенты при майорановских компонентах и, таким образом, отвечает новому классу решений ПВ супергравитации. Соответствующее многообразие (деформированный невырожденный конифолд) является одним из немногих явных известных примеров многообразия типа обобщенного Калаби-Яу.

Получены новые соотношения, связывающие переменные, характеризующие вакуум матричной модели, с параметрами матричной модели дуальной $N = 1$ суперсимметричной теории поля. Пользуясь соотношением дуальности, данные уравнения интерпретированы в терминах значений глюонного конденсата в квантовой теории поля. В результате получено дифференциальное уравнение, связывающее эффективный препотенциал и его производную по масштабу.

Дифференциальное уравнение на препотенциал интерпретируется как уравнение ренормгруппы в эффективной низкоэнергетической теории.

Практическая и научная ценность

Предложен новый метод исследования некоммутативных квантовых теорий поля и развит соответствующий формализм. В рамках данного формализма показана применимость квазиклассического метода, существенно упрощающего вывод результатов, ранее полученных в рамках стандартного теоретико-полевого подхода.

Решено уравнение для спинора Киллинга на деформированном невырожденном конифолде в линейном порядке по параметру, снимающему вырождение. Данный результат может быть использован для дальнейшего изучения гравитационного решения, в том числе для построения суперсимметричных вложений D -бран, удовлетворяющих уравнению так называемой κ -симметрии. Это направление исследований представляет интерес, так как упомянутые D -браны являются дуальными объектами для композитных и непертурбативных операторов в $SU(2) \times SU(2)$ инвариантной $\mathcal{N} = 1$ суперсимметричной асимптотически свободной теории поля.

В рамках недавно сконструированного дуального описания $N = 1$ суперсимметричной теории калибровочного поля найдено новое дифференциальное соотношение на эффективный препотенциал. Этот результат является новым так как его вывод в рамках стандартной квантовой теории поля до сих пор не был известен. Тем самым расширена область применения дуальных теорий для количественного описания низкоэнергетического предела суперсимметричных теорий поля.

Апробация диссертации и публикации

Основные результаты диссертации неоднократно докладывались на семинарах кафедры теоретической физики физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, теоретических семинарах ИТЭФ, на семинаре отделения теоретической физики университета Уппсалы (Uppsala, Sweden, 2003), а также международных школах и конференциях «XII летняя школа-семинар Волга 2001» (Казань, 2001), «Ломоносов 2002» (Москва 2002), «XXXI IТЕР Winter School of Physics», (Москва 2003).

По теме диссертации опубликовано 3 работы.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Список литературы содержит около 130 наименований. Общий объем диссертации составляет 100 страниц.

Краткое содержание диссертации

Введение обосновывает актуальность решаемых в работе задач, а также содержит обзор литературы и современных методов, используемых в исследовании.

Вторая глава диссертации посвящена развитию первично квантованного формализма для некоммутативных моделей квантовой теории поля. Дается краткое введение в предмет, а также вводятся необходимые определения и обозначения. Приводятся основные положения первично квантованного формализма применительно к стандартным моделям КТП, а также выражение для фейнмановского пропагатора скалярного поля Клейна-Гордона-Фока в виде интеграла по траекториям отдельной частицы в конфигурационном и в фазовом пространствах.

Этот результат обобщается на случай некоммутативного скалярного поля. Показано, что описание некоммутативной теории не является локальным в конфигурационном пространстве, но может быть представлено как локальное в фазовом пространстве. Дан вывод следующей формулы для оде-

того пропагатора частицы с гамильтонианом $H(p, x)$, распространяющейся в некоммутативном пространстве, определенном с помощью (0.1)

$$G(x, y) = \int_0^\infty dT \int \mathcal{D}x \mathcal{D}p e^{iS}, \quad (0.12)$$

$$S = \int_0^T p_\mu dx^\mu - H(p_\mu, x^\mu - \frac{1}{2}\theta^{\mu\nu} p_\nu) dt. \quad (0.13)$$

В случае частицы, взаимодействующей с калибровочным полем A_μ , гамильтониан равен

$$H(p, x) = (p - eA(x))^2 - m^2. \quad (0.14)$$

Выражение (0.13) в таком случае дает набор древесных диаграмм, описывающих взаимодействие кванта скалярного поля с классическим электромагнитным полем.

Данный формализм обобщается на случай поля произвольного спина. Выражение для фейнмановского пропагатора в этом случае выглядит даже в коммутативном случае весьма сложно в силу наличия дополнительной структуры — спина частицы. В коммутативном случае выражение для функции Грина было получено в работах Алексева, Фаддеева и Шаташвили, а также Нильсона и Рохрлиха (Nielson, Rohrlich). Обобщение на некоммутативный случай выглядит следующим образом:

$$G = \int_0^\infty dT e^{-imT} \int Dq(t) Dp(t) Dn(t) e^{i \int_0^T (pdq + \frac{1}{2}p\theta dp)} e^{i \int_0^T pndt} e^{\int_0^T A_\mu(q)n^\mu dt} e^{iS_{spin}[n(t)]}. \quad (0.15)$$

Развитый формализм далее применяется для вычисления вероятности распада ложного вакуума теории в присутствии сильного электрического поля. Аналогично коммутативному случаю для этого необходимо найти квазиклассическую траекторию, минимизирующую (0.13) в пространстве Евклида. Классическое действие на данной траектории определит вероятность рождения пар. Оказывается, что в однородном поле

$$A_\mu = \frac{1}{2} B_{\mu\nu} x^\nu \quad (0.16)$$

ответ зависит от калибровочного инварианта (относительно некоммутативной калибровочной группы)

$$\tilde{F}_{\mu\nu} = B_{\mu\nu} + \frac{1}{4} \theta^{\mu'\nu'} B_{\mu\mu'} B_{\nu\nu'}. \quad (0.17)$$

Дальнейшие вычисления показывают, что зависимость вероятности распада ложного вакуума от некоммутативной напряженности (0.17) такая же, как и в коммутативном случае

$$w = \frac{e^2 |\vec{E}|^2}{8\pi^3} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n^2} \exp\left(-\frac{\pi n m^2}{|e \vec{E}|}\right), \quad eE_i = \tilde{F}_{0i}. \quad (0.18)$$

Третья глава диссертации посвящена изучению геометрических свойств невырожденного деформированного конифолда и нахождению соответствующего спинора киллинга (см. уравнение (0.4)). Невырожденный деформированный конифолд — это некомпактное трехмерное комплексное многообразие, заданное уравнением (0.6). Это многообразие имеет тривиальный первый класс Черна и допускает кэлерову структуру. Таким образом, это многообразие является многообразием Калаби-Яу и называется деформированным конифолдом. Спинор Киллинга Ψ_0 , соответствующий решению Клебанова-Штрасслера (решению, построенному на деформированном конифолде), может быть выражен через ковариантно постоянный спинор Калаби-Яу ψ_0 и постоянный киральный четырехмерный спинор ξ

$$\Psi_0 = h^{-1/8} \xi \otimes \psi_0. \quad (0.19)$$

Деформированный конифолд обладает Z_2 симметрией. Оказывается, есть непрерывное семейство деформаций, параметризуемое параметром q , снимающее вырождение по Z_2 (Z_2 переводит q в $-q$). Соответствующее многообразие для ненулевых q называется невырожденным деформированным конифолдом (ДНК). В третьей главе показано, что обсуждаемая деформация не кэлерова и, соответственно, ДНК есть обобщенное Калаби-Яу. Кроме того, получен также спинор киллинга для ДНК в первом порядке по q , который имеет вид

$$\Psi = \Psi_0 + iqh^{1/2} \Psi_0^*. \quad (0.20)$$

Четвертая глава диссертации посвящена изучению планарного вклада в свободную энергию матричной модели (0.11), предложенной Дижграфом и Вафой (R.Dijkgraaf, C. Vafa) для описания $\mathcal{N} = 1$ суперсимметричных теорий. Рассматривая матричную модель в квазиклассическом (планарном)

пределе и анализируя “классические уравнения движения” (петлевое уравнение), двумя разными способами доказано тождество

$$2F - \sum S_i \frac{\partial F}{\partial S_i} \Big|_{\langle S_i \rangle} = -\frac{2g_2 \Lambda^{2n}}{n^2 - 1}, \quad (0.21)$$

справедливое в точке классического экстремума эффективного потенциала (0.10)

$$\frac{\delta W_{eff}}{\delta S_i} \Big|_{\langle S_i \rangle} = 0, \quad (0.22)$$

и F обозначает планарный вклад в свободную энергию матричной модели. Соотношение (0.21) далее интерпретируется как ренормализационно-групповое уравнение для эффективной теории в дуальном описании.

В **заключении** приводятся общие выводы и перечислены основные результаты диссертационной работы.

Основные результаты диссертации

Построено первично-квантованное описание некоммутативной квантовой теории поля произвольного спина, взаимодействующего с классическим электромагнитным полем. Найден гамильтониан "некоммутативной" частицы и построено описание взаимодействующей некоммутативной квантовой теории поля в терминах интегралов по траекториям отдельных частиц.

Развитый формализм применяется для нахождения вероятности рождения пар некоммутативных частиц в присутствии постоянного электрического поля, т.е. вероятности распада ложного вакуума в единице объема за единицу времени.

Найдено явное решение для спинора Киллинга на невырожденном деформированном конифолде. Таким образом, показана суперсимметричность соответствующего низкоэнергетического решения теории суперструн типа IIB. Показано, что соответствующее шестимерное многообразие компактификации является комплексным, но не обладает кэлеровой структурой. Последнее подтверждает гипотезу о том, что данное многообразие является обобщенным Калаби-Яу.

С помощью дуального (квазиклассического) описания $N=1$ суперсимметричной теории Янга-Миллса найдено новое уравнение, связывающее вакуумные ожидания полей в низкоэнергетическом пределе. Полученное соотношение интерпретируется как аналог ренормализационно-группового уравнения эффективной низкоэнергетической теории.

Основные публикации автора по теме диссертации

- [1] A. Dymarsky
«Noncommutative field theory in formalism of first quantization»// *Phys.Lett.*, B527 (2002) 125-130
- [2] A. Dymarsky, V. Pestun
«On the property of Cachazo-Intriligator-Vafa prepotential at the extremum of the superpotential»// *Phys.Rev.* **11**, D67 (2003) 125001
- [3] А.Я. Дымарский, В.Ч. Жуковский
«Точное решение уравнения для спинора Киллинга на невырожденном деформированом конифолде»// *Вестник МГУ, сер. Физика-Астрономия*, 6 (2006)
- [4] А.Я. Дымарский
«Эффективное действие для Рамон-Рамоновский полей на D-бранах»// *Тезисы Международной конференции Ломоносов 2002*, Москва 2002

Подписано к печати ???.???.??

Формат 60 × 90

1/16

Усл.печ.л. 0,9 Уч.-изд.л. 0,6

Тираж 100

Заказ 512

Отпечатано в ИТЭФ, 117218 Москва, Б.Черемушкинская, 25