На правах рукописи

КОЗЛОВ Михаил Геннадьевич

МУЛЬТИРЕДЖЕВСКИЕ АМПЛИТУДЫ В НЕАБЕЛЕВЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ ТЕОРИЯХ

01.04.02 – теоретическая физика

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

НОВОСИБИРСК – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

ФАДИН Виктор Сергеевич	–	доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

ЛИПАТОВ Лев Николаевич	–	доктор физико-математических наук, профессор, академик, Федеральное бюджетное учреждение науки Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН, г. Гатчина, руководитель Отделения теоретической физики.
ШЕСТАКОВ Георгий Николаевич	–	доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, ведущий научный сотрудник.
ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ	–	Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

Защита диссертации состоится «______» ____________________ 2013 г. в «________» часов на заседании диссертационного совета Д 003.016.02 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН.

Адрес: 630090, г. Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН.

Автореферат разослан «_____» _____________________2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор физ.-мат. наук, профессор В.С. Фадин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Диссертация посвящена теоретическому исследованию процессов рождения частиц в мультиреджевской кинематике (МРК) и доказательству мультиреджевской формы амплитуд этих процессов в теориях Янга–Миллса в следующем за главным логарифмическом приближении.

Мультиреджевской называется такая кинематика процессов множественного рождения при столкновении частиц большой энергии, в которой перпендикулярные к оси столкновения импульсы конечных частиц ограничены (не растут с энергией), а по продольным импульсам частицы разбиваются на группы (струи) с импульсами одного порядка в каждой из них и сильным упорядочением между ними. Сильное упорядочение по продольным импульсам, или по быстротам, делает эту кинематику чрезвычайно важной, что было осознано еще до создания современной теории сильных взаимодействий — квантовой хромодинамики (КХД). При вычислении сечений в теории возмущений КХД интегрирование по каждому интервалу быстрот между струями приводит к появлению логарифма энергии (большого логарифма). Поэтому в главном логарифмическом приближении (ГЛП), когда каждая константа связи α_s в радиационных поправках сопровождается большим логарифмом, струи содержат только по одной частице. В следующем за главным логарифмическим приближении (СГЛП), когда малость одной из α_s не компенсируется большим логарифмом, одна из струй может содержать две частицы. Такая кинематика называется квазимультиреджевской (КМРК).

В теориях Янга–Миллса (неабелевых калибровочных теориях, к которым относится и КХД) амплитуды в МРК имеют мультиреджевскую форму благодаря замечательному свойству этих теорий — реджезации калибровочных векторных бозонов. Для краткости в дальнейшем они называются глюонами, как в КХД. Выполнение необходимых условий для реджезации было продемонстрировано еще в начале 70-х годов прошлого века [1, 2]. В высших порядках теории возмущений в рамках ГЛП реджезация глюона и мультиреджевская форма амплитуд с глюонными обменами исследовалась в работах [3, 4, 5] и была доказана в этом приближении в работе [6]. Мультиреджевская форма замечательна тем, что все амплитуды в ней имеют простой факторизованный вид и выражаются через реджевскую траекторию глюона и эффективные вершины взаимодействия реджеонов (реджезованных глюонов) и частиц.

Мультиреджевская форма амплитуд служит краеугольным камнем так называемого подхода БФКЛ (Балицкого–Фадина–Кураева–Липатова), являющегося основой теории полужестких процессов в КХД. В главном логарифмическом приближении этот подход сформулирован и развит в работах [4, 5, 7, 8]. Уравнение БФКЛ выведено в предположении (называемом гипотезой реджезации), что амплитуды рождения любого числа частиц в МРК во всех порядках теории возмущений имеют мультиреджевскую форму. Это одно из фундаментальных уравнений КХД, определяющее энергетическую зависимость сечений полужестких процессов. Оно является уравнением для связанного состояния двух реджезованных глюонов — померона в КХД. На гипотезе реджезации основано и уравнение БКП (Бартелса–Квичинского–Прашаловича) [9, 10], обобщающее уравнение БФКЛ на связанные состояния трех и более реджезованных глюонов. В квантовой хромодинамике C-нечетное трех-глюонное состояние играет роль оддерона, ответственного за разность сечений рассеяния частиц и античастиц при большой энергии.

Подход БФКЛ естественно распространяется на суперсимметричные теории Янга–Миллса (СЯМ), в частности, на теорию с максимально расширенной суперсимметрией (СЯМ $\mathcal{N} = 4$), вызывающую в последнее время огромный интерес в связи гипотезой о соответствии этой теории теории струн [11] и с надеждами на ее полную интегрируемость. Его мощь продемонстрирована в работах [12, 13, 14, 15, 16], где во всех порядках теории возмущений вычислена в ГЛП остаточная функция к амплитуде БДС (Берна–Диксона–Смирнова) [17] для процессов с максимальным нарушением спиральности в СЯМ $\mathcal{N} = 4$ в пределе большого числа цветов.

В настоящее время подход БФКЛ интенсивно развивается в следующем за главным логарифмическом приближении. Ядро уравнения БФКЛ получено и в квантовой хромодинамике и СЯМ в следующем за главным порядке как для рассеяния вперед [18, 19, 20], так и для любых передач импульса и всех возможных t-канальных цветовых состояний [21, 22, 23, 24, 25, 26]. В СЯМ $\mathcal{N} = 4$ это ядро уже использовалось для вычисления остаточной функции к амплитуде БДС [27]. Вывод уравнения также основан на гипотезе о мультиреджевской форме амплитуд (точнее, их реальных частей), теперь уже в СГЛП. Эта гипотеза нуждалась в доказательстве. До последнего времени такое доказательство отсутствовало. Широта применения мультиреджевской формы амплитуд делало задачу проведения доказательства чрезвычайно актуальной. На данный момент эта задача решена как в квантовой хромодинамике, так и в суперсимметричных теориях Янга–Миллса.

Цель работы

Конечной целью работы является проверка гипотезы о мультиреджевской форме амплитуд с глюонными обменами в кросс-каналах в неабелевых калибровочных теорий Янга–Миллса в СГЛП (в суперсимметричных теориях Янга–Миллса и квантовой хромодинамике). Для достижения этой цели необходимо вычислить все входящие в мультиреджевскую форму эффективные вершины. Проверка гипотезы основана на совместимости мультиреджевской формы амплитуды с условием s-канальной унитарности. Из требования совместимости следуют “условия бутстрапа” на реджевские вершины и траекторию, выполнение которых оказывается достаточным для справедливости мультиреджевской формы. Задача таким образом сводится к проверке всех условий бутстрапа для мультиреджевской и квазимультиреджевской кинематик.

Личный вклад автора.

Изложенные в работе результаты получены автором лично или при его определяющем вкладе.

Научная новизна

В СГЛП мультиреджевская форма амплитуды доказана впервые для теорий Янга–Миллса общего вида. Использовался метод доказательства, основанный на требовании совместимости мультиреджевской формы амплитуд и s-канальной унитарности, приводящем к условиям бутстрапа. Впервые получены все условия бутстрапа в этих теориях и найдены все входящие в них реджевские вершины. Впервые проверено выполнение всех условий бутстрапа в следующем за главным порядке.

Научная и практическая ценность

Мультиреджевская форма амплитуды имеет простой вид, в котором энергетическая зависимость описывается реджевскими множителями с траекторией реджезованного глюона, а зависимость от всех других характеристик процесса выражается через эффективные вершины взаимодействия реджезованных глюонов и частиц. Этот вид делает амплитуду чрезвычайно удобной для применения. В частности, на нем базируется подход БФКЛ, являющийся основой теории полужестких процессов. Доказательство мультиреджевской формы в СГЛП дает надежное обоснование этого подхода. Полученные в ходе доказательства реджеонные вершины и импакт-факторы могут использоваться при анализе широкого круга проблем.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Мультиреджевская форма амплитуд с глюонными обменами в теориях Янга–Миллса общего вида в СГЛП.
2. Эффективные реджевские вершины в теориях Янга–Миллса общего вида в следующем за главным порядке.
3. Условия бутстрапа в теориях Янга–Миллса общего вида в СГЛП.
4. Доказательство мультиреджевской формы амплитуд с глюонными обменами в теориях Янга–Миллса общего вида в СГЛП.

Апробация диссертации

Материалы диссертации докладывались на Сессии отделения ядерной физики ОФН РАН "Физика фундаментальных взаимодействий" в 2004, 2005, 2012 гг. (Москва), теоретических семинарах ИЯФ и опубликованы в научных журналах и препринтах ИЯФ.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и списка литературы. Объем работы 103 страницы. Список литературы содержит 73 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обсуждается тема исследования и ее место в современной теории элементарных частиц, показана ее актуальность. Приводится идея доказательства мультиреджевской формы амплитуды.

В начале **первой главы** приведен лагранжиан неабелевой калибровочной теории Янга–Миллса. Формулируется гипотеза о мультиреджевской форме амплитуд в СГЛП.

Гипотеза о мультиреджевской форме амплитуды состоит в том, что реальная часть амплитуды $A + B \to A' + J_1 + \cdots + J_n + B'$ в мультиреджевской кинематике в СГЛП имеет вид

$$\mathcal{A}^R_{2\to n+2} = \Gamma^{c_1}_{A'A}\left[\prod_{i=1}^{n} \frac{\gamma^{J_i}_{c_i c_{i+1}}(q_i, q_{i+1})}{q^2_{i\perp}} e^{\omega(q_i)(y_{i-1}-y_i)}\right]\times$$

$$\times \frac{1}{q^2_{(n+1)\perp}} e^{\omega(q_{n+1})(y_n - y_{n+1})}\Gamma^{c_{n+1}}_{B'B},$$

где $\omega(q_i)$ – траектория реджезованного глюона с импульсом q_i (в литературе обычно употребляется это название, хотя реджевской траекторией глюона является $j(q) = 1 + \omega(q)$); $\Gamma^{c_1}_{A'A}$, $\Gamma^{c_{n+1}}_{B'B}$ – эффективные вершины перехода $A \to A'$, $B \to B'$ через взаимодействие с реджезованным глюоном с цветовыми индексами c_1, c_{n+1}; $\gamma^{J_i}_{c_i c_{i+1}}(q_i, q_{i+1})$ – эффективные вершины рождения струй J_i с быстротами y_i.

После формулировки гипотезы вводятся определения и обозначения. Приведены явные выражения для траектории глюона и реджевских эффективных вершин в главном и следующем за главным порядках, полученные в КХД. Эти выражения приведены в теории Янга–Миллса, цветовые представления у скаляров, фермионов и глюонов считаются в общем случае различными, скаляры могут быть как действительными так и комплексными, фермионы могут быть как дираковскими так и майорановскими. Также в теории предполагается юкавовское взаимодействие между скалярами и фермионами.

В этой же главе изложена методика вычисления эффективных вершин в главном и в следующем за главным порядках. Приведено вычисление скалярных и фермионных поправок, отсутствующих в КХД, к эффективным вершинам в следующем за главным порядке. Вычислены эффективные вершины рождения пар частиц, появляющиеся в теории Янга–Миллса, содержащей скалярные частицы. Полностью вычислена эффективная вершина рассеяния скаляра в следующем за главным порядке. Выражение скалярной вершины для суперсимметричных теорий

Янга–Миллса имеет вид

$$\Gamma^{R}_{S'S} = \Gamma^{R(B)}_{S'S}\left[1 - (-q_\perp^2)^\epsilon \frac{g^2 N_c \Gamma(1-\epsilon)}{(4\pi)^{\frac{D}{2}}} \frac{\Gamma^2(1+\epsilon)}{\epsilon\Gamma(1+2\epsilon)}\left(\frac{2}{\epsilon} + \psi(1-\epsilon) + \psi(1) - \right.\right.$$
$$- 2\psi(1+\epsilon) + \frac{11+7\epsilon}{2(3+2\epsilon)(1+2\epsilon)} - \frac{4}{1+2\epsilon} - n_f \frac{1+\epsilon-(-1)^{I_s}(3+2\epsilon)}{(1+2\epsilon)(3+2\epsilon)} -$$
$$\left.\left. - \frac{n_s}{2}\frac{1}{2(1+2\epsilon)(3+2\epsilon)}\right)\right].$$

Здесь $\Gamma^{R(B)}_{S'S}$ – вершина в борновском приближении; $D = 4 + 2\epsilon$ – размерность пространства-времени; q – импульс реджеона; n_s, n_f – число скаляров и фермионов соответственно; $I_s = 0$, если рассеиваются скаляры и $I_s = 1$, если рассеиваются псевдоскаляры. Для СЯМ $n_f = \mathcal{N}$ и $n_s = 2(\mathcal{N} - 1)$, где $\mathcal{N}$ – число суперзарядов.

Далее приведена схема доказательства, основанная на “соотношениях бутстрапа”, которые приводят к условиям на эффективные вершины и траекторию. Соотношения бутстрапа следуют из совместимости мультиреджевской формы амплитуд и s-канальной унитарности. Они представляют собой связи между скачками амплитуд в парциальных s_{ij}-каналах и производными амплитуд по парциальным быстротам. Их бесконечно много, поскольку они должны выполняться для каждой из амплитуд $2 \to 2 + n$ при любом n. Однако оказывается, что для выполнения всех этих соотношений достаточно выполнения нескольких условий на эффективные вершины и траекторию глюона. После формулировки соотношений бутстрапа приведены определения основных элементов, из которых строятся условия бутстрапа: импакт-факторов, связанной с рождением реальных частиц части ядра БФКЛ (“реальной части” ядра), оператора рождения струи. Кратко рассмотрен вывод всех необходимых условий бутстрапа.

Вторая глава посвящена проверке условий бутстрапа для рождения пар частиц с близкими быстротами в КМРК. Поскольку КМРК дает вклад только в СГЛП, все условия бутстрапа проверяются в главном порядке. Проверяется два вида условий бутстрапа: для рождения пар частиц в центральной области быстрот и для области расщепления начальной частицы.

Условия бутстрапа для расщепления начальной частицы требуют существования собственной функции октетного ядра БФКЛ с собственным значением, равным траектории глюона

$$\widehat{\mathcal{K}}|R_\omega(q)\rangle = \omega(q)|R_\omega(q)\rangle\,, \tag{1}$$

и связи импакт-факторов с этой функцией и эффективной вершиной рассеяния:

$$\langle AA'| = g\Gamma^R_{A'A}\langle R_\omega(q)|\,,\ |BB'\rangle = g\Gamma^R_{B'B}|R_\omega(q)\rangle\,. \tag{2}$$

В условиях бутстрапа (2) для случаев расщепления начальной частицы на струю из двух частиц возможны следующие варианты:

$$\begin{aligned}
&A = G\,,\ A' = \{G_1G_2\},\, \{Q\bar{Q}\},\, \{S_1S_2\}\ ,\\
&A = Q\,,\ A' = \{QG\},\, \{QS\}\ ,\\
&A = S\,,\ A' = \{SG\},\, \{Q\bar{Q}\}\ .
\end{aligned}$$

Здесь G – глюон, Q – фермион, S – скаляр.

Далее рассмотрены условия для рождения пар частиц в центральной области быстрот. Они связывают импакт-фактор перехода реджезованного глюона в струю, эффективную вершину рождения струи, собственную функцию ядра и результат действия оператора рождения струи на эту функцию:

$$\langle JR_1(q_1)| = g\gamma^J_{R_1R_2}\langle R_\omega(q_2)| - gq^2_{1\perp}\langle R_\omega(q_1)|\widehat{\mathcal{J}}\ .$$

Поскольку мы обсуждаем условие для рождения в центральной области быстрот в КМРК, то мы рассматриваем рождение только пар частиц. Таких условий всего три: рождение кварк-антикварковой пары, пар глюонов и пар скаляров:

$$J = \{Q_1\bar{Q}_2\}\,,\ \{G_1G_2\}\,,\ \{S_1S_2\}\,.$$

Все условия проверены для обоих кинематических режимов КМРК.

Третья глава посвящена проверке условий бутстрапа для рождения одно-частичных струй в МРК. Таких условий оказывается четыре: три условия на импакт-факторы рассеяния фермиона, глюона и скаляра и одно условие на рождение глюона в центральной области быстрот:

$$\begin{aligned}
&\langle A'A| = g\Gamma^R_{A'A}\langle R_\omega(q)|\,;\ A,\, A' = \{Q\},\, \{S\},\, \{G\}\,,\\
&\langle GR(q_1)| + gq^2_{1\perp}\langle R_\omega(q_1)|\widehat{\mathcal{G}} = g\gamma^G_{R_1R_2}\langle R_\omega(q_2)|\,.
\end{aligned} \tag{3}$$

Поскольку в КХД были проверены все условия бутстрапа на импакт-факторы, то в неабелевой калибровочной теории Янга–Миллса остается проверить вклады скаляров для фермионного и глюонного импакт-факторов, условие на импакт-фактор скаляра и условие для рождения глюона в центральной области быстрот. Получен вклад скаляров в поправку к собственной функции ядра из условия на импакт-фактор фермиона. Далее проверен вклад скаляров в условие бутстрапа для рассеяния глюона. Вычислен импакт-фактор скаляра в следующем приближении и проверено условие бутстрапа на этот импакт-фактор. В конце этой главы проведена проверка самого сложного условия бутстрапа для рождения глюона в центральной области быстрот.

Из справедливости всех условий бутстрапа следует выполнение всех соотношений бутстрапа для рождения произвольного числа частиц в мультиреджевской и квазимультиреджевской кинематиках. Выполнение всех соотношений бутстрапа обеспечивает справедливость мультиреджевской формы амплитуд в СГЛП.

В приложении приведены правила Фейнмана для СЯМ и результаты вычисления интегралов, которые используются при нахождении поправок к эффективным вершинам и скачкам амплитуд.

В заключении приведены основные результаты, полученные в данной работе:

1. Вычислены эффективные вершины для рассеяния скаляра в следующем за главным приближении, для рождения пары скаляров в области фрагментации, для рождения пары фермионов из начального скаляра в области фрагментации. Вычислены скалярные поправки для эффективных вершин рассеяния глюона, фермиона.
2. В квазимультиреджевской кинематике проверены условия бутстрапа для области фрагментации начальной частицы и для центральной области быстрот. Все условия проверены для произвольного цветового представления в t-канале.
3. В мультиреджевской кинематике вычислены скалярные поправки к импакт-факторам глюона и фермиона, и проверены условия бутстрапа на импакт-факторы налетающих частиц. Вычислен импакт-фактор скаляра в следующем за главным приближении и проверено условие бутстрапа на него. Проверено условие бутстрапа для

рождения глюона в центральной области быстрот в следующем за главным приближении. Все условия проверены для произвольного цветового представления в t-канале.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. V.S. Fadin, M.G. Kozlov, A.V. Reznichenko. “Radiative correction to QCD amplitudes in quasi-multi-Regge kinematics”. // Ядерная физика. - 2004. - том 67, №2. - С. 377-393.
2. V.S. Fadin, R. Fiore, M. G. Kozlov, A. V. Reznichenko. “Proof of the multi-Regge form of QCD amplitudes with gluon exchanges in the NLA”. // Phys. Lett. B. - 2006. - Vol. 639. - P. 74-81.
3. М.Г. Козлов. “Проверка условия бутстрапа для рождения глюона в мультиреджевской кинематике”. // 12-я Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых учёных (ВНКСФ-12). Материалы конференции. - 2006. - С. 49.
4. М.Г Козлов, А.В. Резниченко, В.С. Фадин. “Проверка условия реджезации глюона в следующем за главным порядке. Кварковая часть”. // Ядерная физика. - 2011. - том 74. - С. 784-796.
5. М.Г. Козлов, А. В. Резниченко, В.С. Фадин. “Проверка условия реджезации глюона в следующем за главным порядке. Глюонная часть”. // Ядерная физика. - 2012. - том 75, №4. - С. 529-542.
6. М.Г. Козлов, А. В. Резниченко, В.С. Фадин. “Мультиреджевская форма амплитуд с глюонным обменом в суперсимметричных теориях Янга–Миллса”. // Препринт ИЯФ. - 2012. - №2012-32.

Список литературы

[1] Grisaru M. T., Schnitzer H. J., Tsao H.-S. Reggeization of yang-mills gauge mesons in theories with a spontaneously broken symmetry // Phys. Rev. Lett. 1973. Vol. 30. P. 811.

[2] Grisaru M. T., Schnitzer H. J., Tsao H.-S. Reggeization of elementary particles in renormalizable gauge theories - vectors and spinors // Phys. Rev. D. 1973. Vol. 8. P. 4498.

[3] Lipatov L. N. Reggeization of the Vector Meson and the Vacuum Singularity in Nonabelian Gauge Theories // Sov. J Nucl. Phys. 1976. Vol. 23. P. 338.

[4] Fadin V. S., Kuraev E. A., Lipatov L. N. On the Pomeranchuk Singularity in Asymptotically Free Theories // Phys. Lett. B. 1975. Vol. 60. P. 50.

[5] Kuraev E. A., Lipatov L. N., Fadin V. S. Multi - Reggeon Processes in the Yang-Mills Theory // Sov. Phys. JETP. 1976. Vol. 44. P. 443.

[6] Balitskii Y. Y., Lipatov L. N., Fadin V. S. // Proceedings of Leningrad Winter School on Physics of Elementary Particles. 1979. P. 109. Leningrad.

[7] Kuraev E. A., Lipatov L. N., Fadin V. S. The Pomeranchuk Singularity in Nonabelian Gauge Theories // Sov. Phys. JETP. 1977. Vol. 45. P. 199.

[8] Balitskii Y. Y., Lipatov L. N. The Pomeranchuk Singularity in Quantum Chromodynamics // Sov. J. Nucl. Phys. 1978. Vol. 28. P. 822.

[9] Bartels J. High-energy behaviour in a non-abelian gauge theory (II). First corrections to $T_{n->m}$ beyond the leading ln s approximation // Nucl. Phys. B. 1980. Vol. 175. P. 365.

[10] Kwiecinski J., Praszalowicz M. Three Gluon Integral Equation and Odd C Singlet Regge Singularities in QCD // Phys. Lett. B. 1980. Vol. 94. P. 413.

[11] Maldacena J. M. The Large N limit of superconformal field theories and supergravity // Adv. Theor. Math. Phys. 1998. Vol. 2. P. 231.

[12] Bartels J., Lipatov L. N., Vera A. S. N=4 supersymmetric Yang Mills scattering amplitudes at high energies: The Regge cut contribution // Eur. Phys. J. C. 2010. Vol. 65. P. 587.

[13] Bartels J., Lipatov L. N., Vera A. S. BFKL Pomeron, Reggeized gluons and Bern-Dixon-Smirnov amplitudes // Phys. Rev. D. 2009. Vol. 80. P. 045002.

[14] Lipatov L. N., Prygarin A. Mandelstam cuts and light-like Wilson loops in N=4 SUSY // Phys. Rev. D. 2011. Vol. 83. P. 045020.

[15] Lipatov L. N., Prygarin A. BFKL approach and six-particle MHV amplitude in N=4 super Yang-Mills // Phys. Rev. D. 2011. Vol. 83. P. 125001.

[16] Bartels J., Lipatov L. N., Prygarin A. MHV Amplitude for 3->3 Gluon Scattering in Regge Limit // Phys. Lett. B. 2011. Vol. 705. P. 507.

[17] Bern Z., Dixon L. J., Smirnov V. A. Iteration of Planar Amplitudes in Maximally Supersymmetric Yang-Mills Theory at Three Loops and Beyond // Phys. Rev. D. 2005. Vol. 72. P. 085001.

[18] Fadin V. S., Lipatov L. N. BFKL pomeron in the next-to-leading approximation // Phys. Lett. B. 1998. Vol. 429. P. 127.

[19] Ciafaloni M., Camici G. Energy scale(s) and next-to-leading BFKL equation // Phys. Lett. B. 1998. Vol. 430. P. 349.

[20] Kotikov A. V., Lipatov L. N. NLO corrections to the BFKL equation in QCD and in supersymmetric gauge theories // Nucl. Phys. B. 2000. Vol. 582. P. 19.

[21] Fadin V. S., Fiore R., Papa A. The Quark part of the nonforward BFKL kernel and the 'bootstrap' for the gluon Reggeization // Phys. Rev. D. 1999. Vol. 60. P. 074025.

[22] Fadin V. S., Gorbachev D. A. Nonforward color-octet kernel of the Balitsky-Fadin-Kuraev-Lipatov equation // Yad. Fiz. 2000. Vol. 63. P. 2253–2268.

[23] Fadin V. S., Fiore R. Non-forward NLO BFKL kernel // Phys. Rev. D. 2005. Vol. 72. P. 014018.

[24] Fadin V. S., Fiore R. Non-forward BFKL pomeron at next-to-leading order // Phys. Lett. B. 2005. Vol. 610. P. 61.

[25] Gerasimov R. E., Fadin V. S. Scalar contribution to the BFKL kernel // Phys. Atom. Nucl. 2010. Vol. 73. P. 1214–1228.

[26] Fadin V. S., Fiore R. The dipole form of the BFKL kernel in supersymmetric Yang-Mills theories // Phys. Lett. B. 2008. Vol. 661. P. 139.

[27] Fadin V. S., Lipatov L. N. BFKL equation for the adjoint representation of the gauge group in the next-to-leading approximation at N=4 SUSY // Phys. Lett. B. 2012. Vol. 706. P. 470–476.

КОЗЛОВ Михаил Геннадьевич

**Мультиреджевские амплитуды
в неабелевых калибровочных теориях**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Подписано в печать 20.09.2013 г.
Сдано в набор 24.09.2013 г.
Формат бумаги 100×90 1/16 Объем 0.7 печ.л., 0.6 уч.-изд.л.
Тираж 100 экз. Бесплатно. Заказ № 19

Обработано на PC и отпечатано на
ротапринте «ИЯФ им. Г.И. Будкера» СО РАН
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.