

M-34



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

2-80-184

**МАТЕЕВ**

**Матей Драгомиров**

**КОНЦЕПЦИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДЛИНЫ  
И ПРОЦЕССЫ ПРИ СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ**

**Специальность 01.04.02 - теоретическая  
и математическая физика**

**Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени доктора физико-математических наук**

**Дубна 1980**

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,  
профессор

В.А. АРБУЗОВ

доктор физико-математических наук,  
профессор

В.А. МАТВЕЕВ

доктор физико-математических наук,  
профессор

В.Я. ФАЙНЕБЕРГ

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Математический институт им. В.А.Стеклова АН СССР, Москва.

Защита состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1980 года на заседании специализированного Ученого совета Д 047.01.01 ЛФ ОИЯИ, Московской обл., г. Дубна.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1980 года.

Ученый секретарь специализированного  
совета

Р.А. АСАНОВ

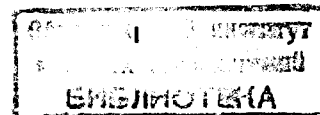
#### Актуальность проблемы

Одной из центральных проблем современной теоретической физики является создание теории, описывающей всю совокупность явлений в мире элементарных частиц. В такой теории должны найти объяснение все наблюдаемые эффекты слабых, электромагнитных, сильных и гравитационных взаимодействий частиц и, в частности, понятия иерархия этих взаимодействий. Следует ожидать также, что в рамках данной теории будут получены значения важнейших безразмерных параметров, таких, как постоянная тонкой структуры, угол Кабиббо и т.п., и спектр масс элементарных частиц.

Современное состояние теории частиц все еще далеко от завершения столь обширной программы. Однако уже сейчас ясно, что в основе динамического описания явлений микромира будет лежать аппарат квантовой теории поля (КТП).

Первый этап развития КТП завершился в середине 50-х годов. В работах Н.Н.Боголюбова и его школы [1-3] была вскрыта фундаментальная роль условия причинности при построении динамической теории, дано первое строгое доказательство дисперсионных соотношений, развита математически последовательная процедура устранения ультрафиолетовых расходимостей. Тогда же получили новое существенное развитие метод функционального интегрирования и метод ренормгруппы. Впервые была выявлена глубокая связь между структурой КТП и квантовой статистической механикой. Концепция спонтанного нарушения симметрии, восходящая к работам Н.Н.Боголюбова по теории сверхтекучести [4] (см. также [5,6]), оказалась исключительно плодотворной при дальнейшем развитии КТП.

Следующий этап связан с пониманием фундаментальной роли принципа калибровочной инвариантности, определяющего форму лагранжиана взаимодействия. Возникла реальная возможность объяснения всего разнообразия явлений в физике элементарных частиц в терминах нескольких фундаментальных спинорных и векторных полей. В результате была построена модель единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий [7] и предложена калибровочная теория сильных взаимодействий - квантовая хромодинамика [8]. Сделан ряд попыток подойти к проблеме объединения всех типов взаимодействий в рамках единой калибровочной схемы [9].



В такой ситуации, когда наметились отдельные элементы будущей полной КТП, особую актуальность приобретает глубокий анализ её исходных предпосылок и рассмотрение различных альтернативных подходов.

Предметом данной диссертации является обсуждение одной из альтернатив современной КТП. Мы рассматриваем схему, основанную на концепции "фундаментальной длины"  $\ell$ . Эта новая гипотетическая постоянная, столь же универсальная, как  $\hbar$  и  $c$ , призвана регулировать физические явления в области малых расстояний  $\leq \ell$  и больших энергий  $\geq \frac{\hbar c}{\ell} = Mc^2$  (постоянная  $M$  называется фундаментальной массой).

В идейном плане развиваемый здесь подход примыкает к работам Снайдера [10], Гольфанда [11], Тамма [12] и особенно Кадышевского [13], которые вводили в теорию фундаментальную длину, исходя из идеи об искривлении импульсного пространства.

#### Научная новизна и практическая ценность

В диссертации исследована КТП, в которую фундаментальная длина  $\ell$  вводится в результате перехода к импульсному пространству постоянной кривизны (пространству де Ситтера). Выдвинуты соображения в пользу варианта де-ситтеровской геометрии, отвечающего группе движений  $O(4,1)$ . Показано, что новое конфигурационное пространство, канонически сопряженное  $\rho$ -пространству де-Ситтера, имеет причинную структуру. Исследованы различные следствия концепции фундаментальной длины, в том числе для физики сверхвысоких энергий. Установлено, что в модели квантовой электродинамики с фундаментальной длиной существует динамический механизм для возникновения разности масс мюона и электрона.

Диссертация дает начало новому научному направлению – поиску и теоретической интерпретации физических процессов в области сверхвысоких энергий, в которых могло бы проявиться существование в природе фундаментальной длины. Исследования в этой области приобретают особую практическую ценность в связи с вводом в строй нового поколения ускорителей на сверхвысокие энергии в ЦЕРН, ФНАЛ, БНЛ, ИФВЭ. Выводы диссертации могут быть использованы при планировании и истолковании результатов экспериментов, поставленных на этих ускорителях. Некоторые из этих выводов могут быть проверены в опытах на высокоточных ускорителях и в прецизионных эксперимен-

тах. Элементы разработанной в диссертации схемы могут быть применены при построении будущей теории элементарных частиц.

#### Следующие основные результаты диссертации выдвигаются для защиты:

1. Получены и исследованы свободные уравнения движения для скалярных, спинорных и массивных векторных полей. Показано, что в развиваемой схеме возникают два типа полей, отвечающих разным значениям величины  $P_4/P_0$ , нового квантового числа, аналога которого в  $\rho$ -пространстве Минковского нет. Определена операция пространственной инверсии, адекватная новой геометрии.
2. Показано, что в рамках квантовой теории поля, опирающейся на новые физические представления о пространстве импульсов, с необходимостью возникает квантование электрического заряда.
3. Сформулирован принцип автомодельности в импульсном пространстве де Ситтера. Получены неевклидовы аналоги масштабных преобразований, которые оказываются тесно связанными группой орисферических сдвигов  $\rho$ -пространства. Обобщенный принцип автомодельности применен к анализу полных сечений и одночастичных инклюзивных распределений.
4. Развита квазипотенциальный подход к проблеме двух тел в теории с импульсным пространством де Ситтера. Введено адекватное понятие трехмерного относительного импульса. Получены квазипотенциальные уравнения для амплитуды рассеяния и волновой функции.
5. Рассмотрено рассеяние частиц высоких энергий на большие и малые углы. Получены квазиклассические волновые функции и фазы рассеяния.
6. На основе обобщенного калибровочного принципа, согласующегося с де-ситтеровской геометрией  $\rho$ -пространства, найдены уравнения движения скалярных и массивных векторных полей, взаимодействующих с электромагнитным полем.
7. В модели квантовой электродинамики с фундаментальной длиной предложено объяснение возникновения разности масс мюона и электрона.
8. В той же модели КЭД получены сечения рассеяния для процессов  $e^-e^- \rightarrow e^-e^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ ,  $e^-\mu^\pm \rightarrow e^-\mu^\pm$  с учетом поляризации начальных и конечных состояний. Во всех случаях найдены асимметричные комбинации сечений, которые в обычной теории исчезают. Там самым предложены конкретные опыты по провер-

ке данной схемы. Получено дифференциальное сечение глубоконеупругого рассеяния электронов и мюонов на адронах. В данной теории сечение с изменением спиральности начального лептона отлично от нуля, и при сверхвысоких энергиях должен наблюдаться рост отношения  $R = \sigma_s/\sigma_t$ . Вычислены полные сечения процессов  $e^-e^- \rightarrow \mu^- \mu^-$  и  $\mu^+e^- \rightarrow \mu^-e^+$ , идущих с несохранением лептонного числа.

#### Апробация работ

Результаты диссертации докладывались на семинарах ЛТФ ОИЯИ, ИФВЭ, ФИАН, ЦЕРН, Института физики высоких энергий в Страсбурге, на Международной конференции по математическим методам в квантовой теории поля и статистике (Москва, 1973 г.), на Международном семинаре "Глубоконеупругие и инклюзивные процессы" (Сухуми, 1975 г.), на Международном совещании по нелокальной теории поля (Алушта, 1976 г.), на Международных конференциях по физике высоких энергий в Лондоне (1974 г.), в Тбилиси (1976 г.) и в Токио (1978 г.).

#### Содержание работ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений.

Во введении обоснована актуальность проблемы, дан краткий исторический обзор исследований, связанных с данной работой, и конспективно изложено содержание диссертации.

В первой главе диссертации основные величины теории анализируются в терминах импульсного пространства и на этой основе вводится гипотеза о фундаментальной длине. В § I показано, что существует прямая связь между причинной структурой четырехмерного пространства-времени и преобразованиями параллельного переноса импульсного пространства. Простейшая возможность модификации геометрии  $x$ -пространства возникает при использовании неевклидова параллельного переноса в импульсном пространстве, т.е. при переходе к 4-мерному импульсному пространству постоянной кривизны. Существуют два таких пространства, обладающие положительной и отрицательной кривизной соответственно. Приведены физические соображения в пользу второго случая. В этом варианте

все 4-импульсы  $(p_0, \vec{p})$  лежат на гиперboloиде

$$p_0^2 - \vec{p}^2 - M^2 p_4^2 = -M^2 = -\frac{1}{\xi^2}, \quad (I)$$

и группой движений импульсного пространства является группа де Ситтера  $O(4,1)$ . В евклидовой области поверхность (I) становится пятимерной сферой, что, в принципе, может привести к естественному обрезанию импульсов в КТП. Сопряженное координатное представление определено заданием интервала  $\xi^2$  как собственного значения оператора Казимира группы  $O(4,1)$ . Спектр  $\xi^2$  состоит из двух частей: непрерывной ("временноподобной") и дискретной ("пространственноподобной"). Аналог светового конуса здесь отсутствует. Показано, что в новом  $\xi$ -пространстве знак времени во "временноподобной" области является инвариантным, что делает возможным построение хронологических произведений операторов полей.

Во втором параграфе получены и исследованы свободные уравнения движения скалярных полей. Поскольку на поверхности (I) каждому фиксированному значению 4-импульса  $p_\mu$  отвечают два отличающиеся лишь знаком значения  $p_4$ , то возникают два уравнения:

$$2(ch\mu - p_4) \mathcal{Y}_1(p, p_4) = 0 \quad (2)$$

$$2(ch\mu + p_4) \mathcal{Y}_2(p, p_4) = 0 \quad (3)$$

$(ch\mu \equiv \sqrt{1 + \frac{m^2}{M^2}})$

Оба поля  $\mathcal{Y}_1$  и  $\mathcal{Y}_2$  удовлетворяют, вследствие (I), и обычному уравнению Клейна-Гордона.

В следующем параграфе выведены уравнения движения, обобщающие уравнения Дирака в данной теории:

$$[p_\mu \gamma^\mu - i(p_4 - 1)\gamma^5 - 2sh\frac{\mu}{2}] \Psi_1(p, p_4) = 0 \quad (5)$$

$$[p_\mu \gamma^\mu - i(p_4 + 1)\gamma^5 - 2sh\frac{\mu}{2}] \Psi_2(p, p_4) = 0. \quad (6)$$

Наличие матрицы  $\gamma^5$  в новых уравнениях спинорных полей приводит к эффектам  $P$  и  $CP$  - нарушения в теории со взаимодействием.

Во второй главе получен ряд качественных следствий концепции фундаментальной длины, в частности, для процессов при сверхвысоких энергиях. В § I обсуждается модифицированная формула Планка, в § 2 анализируется новое соотношение неопределенностей, в § 3

рассматривается проблема квантования заряда. В § 4 применительно к новым геометрическим представлениям обобщаются масштабные преобразования и дается соответствующая формулировка принципа автономности.

Третья глава посвящена трехмерной формулировке релятивистской проблемы двух тел в духе квазипотенциального подхода Логунова и Тавхелидзе [14] в квантовой теории с импульсным пространством (I) и ее применению к описанию рассеяния частиц очень высоких энергий. Рассмотрен общий случай упругого рассеяния двух частиц с неравными массами  $m_1$  и  $m_2$ . При введении взаимодействия выход за массовую поверхность производится с учетом ограничения [15]:

$$p_1^4 - p_2^4 = ch\mu_1 - ch\mu_2. \quad (7)$$

Трехмерный относительный импульс  $\vec{p}$  в СЦИ принадлежит в данном случае четырехмерной сфере

$$\vec{p}^2 + M^2 p_4^2 = M_0^2 \quad (8)$$

с радиусом

$$M_0 = \sqrt{M^2 + \frac{1}{4} [s - M^2 (ch\mu_1 - ch\mu_2)^2]}. \quad (9)$$

Получены квазипотенциальные уравнения для амплитуды рассеяния и волновой функции в импульсном представлении. Введено дискретное конфигурационное пространство, сопряженное трехмерному импульсному пространству, определяемому поверхностью (8).

Радиальное конечно-разностное уравнение для волновой функции решено в квазиклассическом приближении. Рассеяние на большие углы рассмотрено как рассеяние на гладком эффективном потенциале в область классически запрещенных углов [16, 17].

В четвертой главе исследована модель теории электромагнитного взаимодействия, содержащая фундаментальную длину. Использован новый "пятимерный" подход к построению КТП на основе импульсного пространства (I). Условие (I) трактуется как дополнительное дифференциальное условие связи, заданное в конфигурационном псевдоевклидовом 5-пространстве

$$(\square - M^2 \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} - M^4) \mathcal{F}(x, \tau) = 0. \quad (10)$$

На основе обобщенного калибровочного принципа [18] получена

электродинамика скалярных и массивных векторных полей. В обоих случаях параметр  $\ell$  выпадает из конечного результата. Единственным следствием существования  $\ell$  является новое неминимальное взаимодействие  $-ieF^{\mu\nu}\phi_\mu^+\phi_\nu$ , которое приводит к полной компенсации нормального магнитного момента частицы.

Остальная часть главы целиком посвящена исследованию физических следствий модели квантовой электродинамики спинорных полей с фундаментальной длиной [19]. В четвертом параграфе развит новый подход к вопросу о разности масс мюона и электрона. В данной схеме свободные  $e^-$  и  $\mu^-$  поля вначале объединяются в 8-компонентный спинор:

$$\psi = \begin{pmatrix} e \\ \mu \end{pmatrix}, \quad (11)$$

отвечающий вырожденному случаю  $m_e = m_\mu$ . Полный лагранжиан из-за наличия в нем взаимодействия, перепутывающего  $e$  и  $\mu$ , остается инвариантным лишь при дискретном преобразовании:

$$\begin{pmatrix} e \\ \mu \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e \\ \mu \end{pmatrix} = \sigma_2 \begin{pmatrix} e \\ \mu \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Если, используя известный метод Н.Н.Боголюбова [4-6], спонтанно нарушить эту  $\sigma_2$ -симметрию, то в результате возникнет дополнительное решение "сверхпроводящего" типа с расщепленными массами электрона и мюона. При этом именно данное решение соответствует истинному основному состоянию системы.

В последнем, седьмом параграфе получены выражения для сечений ряда процессов в рассматриваемой модели КЭД. Первая группа результатов относится к сечениям процессов  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow e^+\mu^-$ ,  $e^+\mu^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ . Для всех случаев найдены выражения для дифференциальных сечений рассеяния при высоких энергиях  $E_{сци}^2 \gg m_e^2$  для частиц с заданными значениями  $\lambda_1, \lambda_2$  и  $\lambda'_1, \lambda'_2$  поляризаций начальных и конечных состояний. Составлены асимметричные комбинации сечений, которые в обычной теории исчезают. Например, для случая  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$  при значении угла рассеяния  $\theta = \frac{\pi}{2}$  имеем:

$$\frac{\frac{1}{8} \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\lambda_1=\lambda_2} - \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\lambda_1=-\lambda_2}}{\frac{1}{8} \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\lambda_1=\lambda_2} + \left( \frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\lambda_1=-\lambda_2}} = -\frac{51}{16} \ell^2 E_{сци}^2. \quad (15)$$

При энергиях 200 ГэВ в СЦИ проектируемого в ЦЕРНе большого

электрон-позитронного ускорителя на встречных пучках величина асимметрии изменяется от 1,4 до 0,13, если фундаментальную длину варьировать в пределах 1/300 до 1/1000 ГэВ<sup>-1</sup>. В пункте Д этого же параграфа рассмотрено глубоконеупругое рассеяние лептонов на адронах. В последнем пункте Е найдены сечения процессов  $e^-e^- \rightarrow \mu^-\mu^-$  и  $\mu^+e^- \rightarrow \mu^-e^+$ , которые в данной модели оказываются разрешенными.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертации.

В Приложении I собран ряд сведений о свойствах новых уравнений Дирака и их решений.

В Приложении II в иллюстративных целях рассмотрено взаимодействие скалярного поля с внешним электромагнитным полем в рамках 5-формализма.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Донков А.Д., Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. Трансляционно-инвариантная квантовая теория поля с импульсным пространством де Ситтера вне массовой поверхности, Дубна, 1974, 22 стр. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исследов. E2-7936).
2. Donkov A.D., Kadyshevsky V.G., Mateev M.D., Mir-Kasimov R.M. Translation invariant quantum field theory with De-Sitter momentum space off the mass shell, in: Proceedings of the XVII International Conference on High Energy Physics London, 1975, p. 1-267-1268.
3. Донков А.Д., Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. Трансляционно-инвариантная теория поля с квантованием пространства-времени, в кн. Труды Международного семинара по физике элементарных частиц, Варна, 1974; Дубна, 1975, с. 298-304 (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Д1,2-8405).
4. Донков А.Д., Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. Взаимодействие частиц на малых расстояниях и фундаментальная длина, в кн.: Нелокальные, нелинейные и ненормируемые теории поля, Алушта, апрель, 1976 г.; - Дубна, 1976, с. 36-56. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Д2-9788).

5. Матеев М.Д. - Процессы при сверхвысоких энергиях и гипотеза о фундаментальной длине, в кн.: X Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий, Дубна, 1977, стр. 257-278 (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед. Д2-10533).
6. Волобуев И.П., Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. Уравнения движения для скалярного и спинорного полей в четырехмерном неевклидовом импульсном пространстве, ТМФ, 1977, т. 40, № 3, с. 363-372.
7. Mateev M.D. - On some underlying aspects of a quantum field theory with fundamental length, in: Proceedings of III school on elementary particles and high energy physics, Primorsko, 1977, Sofia, BAN, 1978, p. 428-446.
8. Kadyshevsky V.G., Mateev M.D., Mir-Kasimov R.M. - On a solution of the charge quantization problem - Dubna, 1975, p. 8. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: E2-8892).
9. Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. Масштабные преобразования и фундаментальная длина - Дубна 1975, 12 с (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: P2-8877) и в кн.: Глубоконеупругие и инклюзивные процессы. Труды международного семинара (24-26 апреля 1975 г., г. Сухуми), Москва, Институт ядерных исследований АН СССР, 1977, стр. 221-229.
10. Donkov A.D., Kadyshevsky V.G., Mateev M.D., Mir-Kasimov R.M. The fundamental length as a key to the physics at very high energies. In: Proceedings of the XVIII International Conference on High Energy Physics. Tbilisi, 1976 - Dubna, 1977, p. A5-I. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Д1,2-10400).
11. Freeman M., Mateev M.D., Mir-Kasimov R.M. - On a relativistic quasipotential equation with local interaction, Nuclear Physics, 1969, v. B12, p. 197-215 и Дубна 1968 (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: P2-4107).
12. Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. - О трехмерных релятивистских уравнениях для системы двух частиц с неравными массами, Ядерная физика, 1970, т. II, вып. 3, стр. 692-700.

13. Ilchev A., Mateev M. - On relativistic quasipotential equations in the case of electromagnetic interaction, *Annuaire de L'Université de Sofia*, 1968/69, v. 63, p. 7-23, и Дубна, 1970 (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: E2-5225).
14. Донков А.Д., Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Мир-Касимов Р.М. Квазипотенциальное уравнение для релятивистского гармонического осциллятора, *ТМФ*, 1971, т. 8, № 1, стр. 61-72.
15. Mateev M.D. - Fundamental length hypothesis and its implications to theory and experiment. In: *Proceedings of the XIX International conference on high energy physics, Tokyo*, 1978; Tokyo, 1979, p. 588-589.
16. Матеев М.Д., Чиков М.В. - Обобщенный калибровочный принцип в электродинамике скалярных и векторных полей, Дубна, 1980, 9 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед. P2-80-129).
17. Кадышевский В.Г., Матеев М.Д., Чиков М.В. - К вопросу о разности масс мюона и электрона, Дубна, 1980, 8 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: P2-80-27).
18. Матеев М.Д., Чиков М.В. - О некоторых следствиях квантовой электродинамики с фундаментальной длиной, Дубна, 1980, II с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед. P2-80-61).

Цитированная литература:

1. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. - Введение в теорию квантованных полей, изд. первое, М., ГИИЛ, 1957 г., 442 стр. с илл.
2. Боголюбов Н.Н., Медведев Б.В., Поливанов М.К. - Вопросы теории дисперсионных соотношений, М., Физматгиз, 1958 г.
3. Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Тодоров И.Т. - Основы аксиоматического подхода в квантовой теории поля, М., Наука, 1969, 424 стр. с илл.
4. Боголюбов Н.Н. *Известия АН СССР, физика*, 1947, II, № 1, с. 77.
5. Боголюбов Н.Н., Толмачев В.В., Ширков Д.В. - Новый метод в теории сверхпроводимости, Изд. АН СССР, М., 1958, 128 стр. с илл.
6. Боголюбов Н.Н. - Квазисредние в задачах статистической механики, Дубна, 1961 (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед. Д-781).
7. *Glashow S.L., Nucl. Phys.*, 1961, v. 22, p. 579  
*Weinberg S., Phys. Rev. Lett.*, 1967, v. 19, 1264; *A. Salam, Proc. of the Eight Nobel Symposium*, ed. N. Svatholm, Almquist and Wiksell, Stockholm, 1968.

8. Pati J., Salam A. - *Phys. Rev.*, 1973, D8, p. 1240. *Fritzsche H., Gell-Mann M., Leutwyller H., Phys. Lett.*, 1973, v. 47B, p. 865, *Weinberg S. Phys. Rev. Lett.*, 1973, v. 31, p. 494.
9. *Georgi H., Glashow S.L., Phys. Rev. Lett.*, 1974, v. 32, p. 438; *Fritzsche H., Minkowski, Ann. Phys.*, 1975, v. 93, 193; *Gürsey F., Sikivie P., Phys. Rev. Lett.*, 1976, v. 36, p. 775.
10. *Snyder H., Phys. Rev.*, 1947, v. 71, p. 38, v. 72, p. 68.
11. Гольфанд Ю.А. - *ЖЭТФ*, 1959, т. 37, с. 504; 1962, т. 43, с. 256; 1963, т. 44, с. 1248.
12. Тамм И.Е., В кн.: XII Международная конференция по физике высоких энергий, Дубна, 1964, том 2, М., Атомиздат, 1966, с. 229.
13. Кадышевский В.Г. - Докл. АН СССР, 1961, т. 136, с. 70; 1962, т. 147, с. 588; 1962, т. 147, с. 1336; *ЖЭТФ*, 1961, т. 41, с. 1885, статья "Квантовая теория поля и импульсное пространство постоянной кривизны," в кн. - Проблемы теоретической физики. Памяти Игоря Евгеньевича Тамма, Наука, М., 1972, с. 52-73.
14. *Logunov A.A., Tavkhelidze A.N., Nuovo Cimento*, 1963, v. 29, p. 330
15. Боголюбов П.Н., *ТМФ*, 1970, т. 5, с. 244.
16. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - Квантовая механика, издание третье, перераб. и дополненное, М., Наука, 1974, 752 стр. с илл.
17. *Alliluev S.P., Gerstein S.S., Logunov A.A., Phys. Lett.*, 1965, v. 18, p. 195.
18. *Kadyshchewsky V.G., Nucl. Phys. B*, 1978, v. 141, p. 477.
19. Кадышевский В.Г., ЭЧАЯ; 1980, т. II, вып. I, стр. 5.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 марта 1980 года.