

Аннотированная библиография печатных публикаций Д.В. Ширкова

Приводимая библиография содержит аннотации и (или) современные комментарии автора к подавляющему большинству статей. В круглых скобках указаны соавторы, а в косых – даты поступления материала в редакцию. В аннотациях и комментариях ссылки на работы автора указаны номерами из данной библиографии, в квадратных скобках даны ссылки на работы других авторов, список которых приведен в конце библиографии. Символами типа P2-936, D12-89-135 указаны номера препринтов ОИЯИ, а ТФ-4 – препринтов Ин-та Математики СО АН СССР.

1955

1. Вопросы квантовой теории поля (I. Матрица рассеяния), *УФН* **55** (1955) 149-214; (Н.Н. Боголюбов)

Первое систематическое изложение аксиоматического построения матрицы рассеяния Боголюбова $S(g)$, введенной им [1] в 1991 году и представляющей собой функционал "области включения взаимодействия" $g()$. Наряду с аксиомами унитарности и ковариантности, алгоритм построения $S(g)$ основан на условии причинности Боголюбова [2].

Эта обзорная статья, также как и следующая № 2, представляет собой "первую обкатку" материала, составившего центральную часть (главу III) монографии № 14.

– На немецком яз. Probleme der Quantenfeldtheorie I, *Fortschr. der Physik*, **3**, 439-95

2. Вопросы квантовой теории поля (II. Устранение расходимостей из матрицы рассеяния), *УФН* **57**, 3-92 (1955); (Н.Н. Боголюбов)

Продолжение статьи № 1. Содержит изложение оригинальной теории перенормировок Боголюбова, основанной на аксиоматическом построении матрицы рассеяния $S(g)$, и рецептурно сформулированной в виде так наз. R-операции.

Эта обзорная статья, подобно предыдущей No 1, представляет собой первое изложение материала, составившего сердцевину, точнее главы 4 и 5, монографии № 14.

– На немецком яз. Probleme der Quantenfeldtheorie II, *Fortschr. der Physik* **4**, 438-517.

3. К вопросу о ренормировках в квантовой теории поля, в Тезисах Всесоюз. Сопещания по КЭД и теории элем. частиц (31.III - 7.IV 1955), М., Издат. АН СССР, сс 26-28.

Отмечено, что перенормировка фотонного пропагатора имеет простой мультипликативный вид лишь в поперечной калибровке.

4. О ренормализационной группе в квантовой электродинамике, *Доклады АН СССР* **103**, 203-6 (1955), (Н.Н. Боголюбов). [16 V '55]

Синтез идей Штюкельберга–Петермана [4] и Гел-Манна–Лоу [5], введение термина "Ренормализационная группа Функциональные уравнения в общем, зависящем от масс, случае. Установлена центральная роль "инвариантного заряда". Впервые явно введены дифференциальные групповые уравнения. Формулировка метода улучшения формул теории возмущений с помощью дифференциальных групповых уравнений.

Рецензия Дайсона на эту работу была вскоре опубликована в "Mathematical Review".

5. Приложение Ренормализационной Группы к Улучшению Формул теории возмущений, *Доклады АН СССР* **103** 391-4 (1955), (Н.Н. Боголюбов) [16 V '55] .

На основе решения дифференциальных групповых уравнений получены явные формулы, суммирующие главные ультрафиолетовые и инфракрасные логарифмы для фотонного и электронного пропагаторов в квантовой электродинамике.

В двухпетлевом приближении для инвариантного заряда впервые получена формула, содержащая "log-of-log" зависимость, хорошо известная сейчас в КХД.

Рецензия Дайсона на эту работу была вскоре опубликована в "Mathematical Review".

6. Модель типа Ли в Квантовой Электродинамике, *Доклады АН СССР*, **105** 685-8 (1955) (Н.Н. Боголюбов) [23 VII '55].

Комментарии и контрпример к рассуждению Ландау и Померанчука [6] о доказательности существования призрачного полюса в КЭД и противоречивости локальной КТП. Этот результат в середине 50х имел большое значение, так как восстанавливал репутацию локальной КТП.

7. Двухзарядная ренормализационная группа в псевдоскалярной мезонной теории, *Доклады АН СССР* **105** (1955) 972-5. [21 VI '55]

Впервые построены основные функциональные и дифференциальные групповые уравнения для квантовой теории поля с двумя константами связи. Проведен анализ в УФ области и получены устойчивые особые решения на фазовой плоскости двух инвариантных зарядов.

1956

8. Группа мультипликативной перенормировки в КТП, *ЖЭТФ* **30** 77-86 (1956); [20 V '55] (Н.Н. Боголюбов)

– То же на английском языке: The Multiplicative Renormalization Group in the Quantum Theory of Fields, *Sov. Phys. JETP* **3** (Aug '56) 57-64 [May 20, '55]

Более детальное изложение работ №№ 4 и 5; Получены дифференциальные уравнения Ли для группы мультипликативной перенормировки в квантовой теории поля. В качестве иллюстрации на применение этих уравнений определены функции Грина спинорной электродинамики в области ультрафиолетовой и инфракрасной катастроф.

9. Charge Renormalization Group in Quantum Field Theory, *Nuovo Cim.*, **3** (1956) 845-63. (Н.Н. Боголюбов) [24 Nov '56]

Первое англоязычное обзорное изложение формализма ренорм-группы и ее применений в КЭД. Суммирует русские публикации №№ 4, 5 и 7.

Summary. – Lie differential equations are obtained for the multiplicative charge renormalization group in QED and pseudoscalar meson-nucleon theory with two coupling constants. By the employment of these equations there have been found the asymptotic expressions for the QED propagators in the UV and IR regions. The asymptotic high momenta behaviour of meson theory propagators is also discussed, for the weak coupling case.

10. Асимптотические исследования вершинной части в квантовой электродинамике, *Доклады АН СССР* **111** 1201-4 (В.З. Бланк) [14 VI '56]; *Sov. Phys. Dokl.* **1** (1957) 752-6

Получены групповые функциональные уравнения для вершинной части в КЭД. Исследованы ультрафиолетовые асимптотики.

11. Improvement of QED Perturbation Theory with help of the Renormalization Group, *Nucl. Phys.* **2** (1956/57) 356-70. (В.З. Бланк)

Исследование ультрафиолетовых асимптотик вершинной части в КЭД.

It is shown that the renormalization group technique previously used to improve perturbation theory formulas for the Green functions can also be effectively used to improve the vertex part formulas. A survey of results for Green functions is presented as well.

1957

12. Дисперсионные соотношения для комптоновского рассеяния на нуклоне, *Доклады АН СССР* **113** 529-32 (1957) (Н.Н. Боголюбов) [29 III '57]

Вывод дисперсионного соотношения для γN рассеяния вперед.

13. Замечание к группе мультипликативной перенормировки в квантовой теории поля, *ЖЭТФ* **33** 265-6, 1957 (В.З.Бланк и В.Л.Бонч-Бруевич) [11 I '57]; *Sov. Phys. JETP* **6**, 204-5 1958.

Представление ренормализационной группы как "своеобразной автомодельности уравнений Швингера не связанной с теорией возмущений.

14. Введение в теорию квантованных полей, Гостехиздат, М., 1957, 33 п. л. (Н.Н. Боголюбов) Монография, Первая треть (главы 1 – 3) содержит регулярное линейное изложение основ созданной в 40 – 50х гг релятивистской теории квантовых полей. Помимо лагранжева формализма для релятивистских полей и общей схемы квантования по Швингеру, эта часть включает теорию умножения обобщенных функций, разработанную Боголюбовым применительно к построению матричных элементов на основе правил Фейнмана, а также аксиоматическое построение матрицы рассеяния Гейзенберга–Боголюбова $S(g)$ по степеням взаимодействия. Центральная часть книги (главы 4 и 5) излагает оригинальный алгоритм устранения ультрафиолетовых расходимостей из матричных элементов произвольного порядка, основанный на аппарате умножения обобщенных функций и сформулированный в компактном виде, известном как R–операция Боголюбова. Глава 6 посвящена ковариантной формулировке уравнения Шредингера в форме Томонага–Швингера и форме Боголюбова, а также динамическим переменным системы взаимодействующих полей. Следующая глава содержит изложение метода функционального интеграла. В главе 8 впервые в монографической литературе излагается метод ренормализационной группы (ренормгруппы) созданной авторами два года назад. Наконец последняя глава излагает метод дисперсионных соотношений на основе оригинальной боголюбовской аксиоматики для матрицы рассеяния вплоть до доказательства дисперсионных соотношения для πN рассеяния вперед.

– Американское издание: *Introduction to the Theory of Quantized Fields*, Intersc. Publ., N.Y., 1959 720pp.

Содержит специально добавленное приложение "Mathematical Appendix" с деталями доказательства дисперсионных соотношений на ненулевой угол рассеяния.

– Французское издание: *Introduction a la Theorie Quantique de Champs*, Dunod, Paris., 1960 597pp. — Включает приложение "Mathematical appendix" из американского перевода.

15. Обратные дисперсионные соотношения, *ЖЭТФ* **33**, (1957) 1251-3, (В.З. Бланк) [17 V '57]; *Sov. Phys. JETP* **6**, 962-4 (1958).

Рассмотрены "обратные" дисперсионные соотношения, связывающие мнимую часть амплитуды рассеяния с интегралом типа Коши, от действительной части амплитуды рассеяния. Вычисление интеграла по ненаблюдаемой области выполнено путем использования обычных ("прямых") дисперсионных соотношений. Конкретные рассуждения приведены для амплитуды рассеяния вперед заряженных пионов на нуклонах. Для этого случая выписаны в явном виде физические обратные дисперсионные соотношения, не содержащие ненаблюдаемых величин.

1958

16. Метод синтетического ядра для задач диффузии нейтронов в водородосодержащей среде, в сб. *Физика и Теплотехника Реакторов*, приложение № 1 к ж. *Атомная Энергия*, Атомиздат, 1958, 57-62;

Приближение ядра интеграла соударений – индикатрисы рассеяния – в кинетическом уравнении Больцмана для переноса нейтронов в виде суммы трех простых слагаемых, факторизованных по переменным угла отклонения и изменения энергии.

– То же на английском языке: Synthetic Kernel Method for Neutron Diffusion in Hydrogenous Media in Physics and Heat Technology of Reactors, Suppl No.1 of the Soviet J. of Atomic Energy – АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ, Consult. Bureau Inc., N.Y., 1958 , pp 45-48.

17. Метод синтетического ядра для задач диффузии нейтронов в замедлителе без водорода, в сб. Физика и Теплотехника Реакторов, прил. № 1, ж. Атомная Энергия, Атомиздат, 1958, 62-81

Содержит модификацию синтетической индикатрисы рассеяния из предыдущей работы применительно к среде содержащей достаточно тяжелые ядра. Детальное сравнение полученных на этой основе аналитических формул с результатами численных расчетов, проведенных ранее на основе точного уравнения для случая больших замедлений и малых длин пробега, показало высокую точность нашего приближения и его значительное преимущество над возрастным приближением.

Впоследствии подробно изложена в британской монографии Уильямса [8].

– То же на английском языке: Synthetic Kernel Method for Neutron Diffusion in Nonhydrogenous Media, in Physics and Heat Technology of Reactors, Suppl No.1 of the Soviet J. of Atomic Energy – АТОМНАЯ ЭНЕРГИЯ, Consult. Bureau Inc., N.Y., 1958 , pp 49-66.

18. Новый метод в теории сверхпроводимости, Изд. АН СССР, М., 8 п.л. (Н.Н. Боголюбов и В.В. Толмачев)

Монография начинается с изложения основ (п.п. 1–3) микроскопической теории сверхпроводимости, предложенной в 1958 году одним из авторов (Н.Н.Б.). В отличие от теории БКШ, исходящей из феноменологического гамильтониана с явно введенным "куперовским" притяжением электронов в металле, теория Боголюбова исходит из гамильтониана Фрелиха, явно описывающего процесс взаимодействия электронов с возбуждениями ионного остова – фононами. Здесь рассчитана энергия основного сверхпроводящего состояния, однофермионные и коллективные возбуждения, соответствующие этому состоянию. Основным техническим приемом является известное каноническое, так наз. u, v преобразование, впервые использованное Боголюбовым в 1946 году при создании [9] микроскопической теории сверхтекучести бозе газа.

Во второй части (п.п. 4–8), проведен детальный анализ влияния кулоновского взаимодействия электронов на спектр коллективных возбуждений и на критерий сверхпроводимости, а также изложены вопросы термодинамики и электродинамики сверхпроводника.

Рассмотрена система из ферми-частиц с сильным притяжением и установлен критерий ее сверхтекучести. Этот результат открыл дорогу использованию идей сверхтекучести в теории ядра.

– Немецкое издание (на англ. яз.), New Method in the Theory of Superconductivity *Fortschr. der Physik*, **6**, (1958) 606-82.

– Американское издание A New Method in the Theory of Superconductivity, Consult. Bureau, N.Y. 1959 121pp.

– Китайское издание, Пекин, 1959 116pp.

19. Асимптотическое поведение высших функций Грина, в ж. Науч. Докл. Высш. Школы сер. физ.-мат., 1958, N2, 143-51, (И.Ф. Гинзбург) [01 II '58]

Общий анализ возможностей использования метода РГ при исследовании ультрафиолетовых асимптотик. Показана неправомерность некоторых результатов работы [10].

20. Asymptotic Behavior of Higher Green Functions, *Nuovo Cim.* **8** (1958) 773-4 (И.Ф. Гинзбург). [05 IV '58]
 Краткое изложение результатов работы 19. Показано, что результаты УФ анализа работы [10] по модели φ^4 справедливы лишь для симметричных асимптотик 4-вертекса.
21. О двумерной модели Тирринга, *Доклады АН СССР*, **112**, 1958, 45-7 (М.Майер). [5 V '58]; *Sov. Phys. Doklady* **3** 931 (1958).
 Применение метода ренормгруппы к двумерной точно решаемой модели с четырех-фермионным взаимодействием.
22. Некоторые проблемы квантовой теории поля, в *Трудах 3-го Мат. съезда Изд. АН СССР*, 1958, т.3, 514-21 (Н.Н.Боголюбов).
 Тезисы доклада на математическом съезде. Содержит обзор достижений, полученных боголюбовской школой в области теории перенормировок и исследования УФ и ИК асимптотик методом ренормализационной группы.

1959

23. Об уравнении компенсации в теории сверхпроводимости, *ЖЭТФ* **36**, (1959) 607-12. [01 IX '58]; *Sov. Phys. JETP* **9**, No. 2, 421-4 (1959).
 Установлена связь между матричными элементами вариационных производных матрицы рассеяния и энергетического оператора. С ее помощью ядро интегрального уравнения компенсации "опасных" диаграмм выражено через обычные функции Грина.
24. К учету кулоновских эффектов в теории сверхпроводимости, *ЖЭТФ* **37**, (1959) 179-86. [29 I '58]; *Sov. Phys. JETP* **37(10)**, No.1 127-31 (1960).
 Путем перехода от энергетического оператора к S -матрице уравнение компенсации опасных электронных диаграмм приведено к симметричному виду, выраженному через обычные функции Грина. В приближении сильно сжатого электронного газа методом ренормализационной группы проведено суммирование кулоновских особенностей в ядре уравнения компенсации. Результат суммирования в низшем приближении совпадает с формулами, полученными ранее качественным путем.
25. Метод дисперсионных соотношений и теория возмущений, *ЖЭТФ* **37** (1959) 805-15 [17 IV '59]. (Н.Н. Боголюбов и А.А. Логунов); *Sov. Phys. JETP* **10**, No. 3, 574-81 (1960).
 Эта работа по направлению и по результатам примыкает к работе [11] по исключению нефизических полюсов из функций Грина. В отличие от работы Редмонда, основывающейся на связи спектральных представлений для функции Грина и для поляризационного оператора, мы исходим из принципа суммирования информации, полученной из теории возмущений, под знаком спектрального интеграла Челлена-Лемана. Суммируя этим путем вклады от "главных логарифмических диаграмм" мы получаем выражения для пропагатора фотона в КЭД и пропагатора мезона в симметричной теории, обладающее всеми существенными свойствами результата Редмонда: правильным аналитическим поведением в комплексной плоскости квадрата переданного импульса p^2 и особенностью по переменной квадрата заряда в точке $e^2 = 0$. Однако, в отличие от результата [11], правильно передающего лишь низкий порядок теории возмущений, наши выражения соответствуют членам разложений теории возмущений в области больших p^2 в любых порядках.
 Путем учета младших логарифмических членов показано, что область применимости новых формул совпадает с областью применимости обычных ренормгрупповых решений, будучи ограничена условием малости инвариантного заряда. На примере функции Грина фотона проиллюстрирована техника приведения полученных выражений к ренорм-инвариантному виду. Обсуждено явное однопетлевое и впервые полученное двухпетлевое выражения для

инвариантного заряда, в которых полюс автоматически компенсирован непертурбативным вкладом, неаналитичным по параметру α . В заключение приведены некоторые соображения относительно возможного положения в неперенормируемых теориях.

Спустя 40 лет эти результаты нашли интересные применения в КХД - см. работы №№ 170 и 179 этого списка.

26. Теоретические исследования по дисперсионным соотношениям, Труды 9-ой Межд. Конф. Физ. Выс. Энергий, Киев, 1959, т 2, стр.3-22.

Обзорный пленарный доклад на "Рочестерской" Конференции по физике Высоких Энергий в Киеве летом 1958 г. Готовился совместно с Н.Н.Боголюбовым, А.А.Логуновым и М.К.Поливановым.

1960

27. Учет кулоновских эффектов в теории сверхпроводимости, в Материалах 5-го Всес. Совец. по Физике Низких Температур, 1960, Изд. АН Груз.ССР, Тбилиси, сс 103-4.

Тезисы доклада на конференции в Тбилиси осенью 1958 г. Показано, что кулоновский вклад в критерий сверхпроводимости в теории Боголюбова существенно подавляется экранировкой.

28. Пион-нуклонное рассеяние при низких энергиях. I, Препринт ОИЯИ D-503; *ЖЭТФ* **39** (1960) 438-49 (А.В.Ефремов и В.А.Мещеряков). [18 II '60]; *Sov. Phys. JETP* **12**, No. 2, 308-17 (1961).

С учетом представления Мандельстама, путем комбинации дисперсионных соотношений вперед и назад и их производных по углу рассеяния, получены новые интегральные уравнения для амплитуд πN -рассеяния в области низких энергий. В отличие от уравнений Чу–Мандельстама [12], они не встречают трудности интегрирования по области спектральных функций. Ядра уравнений содержат низшие фазы $\pi\pi$ -рассеяния.

29. Пион-нуклонное рассеяние при низких энергиях. II, Препринт ОИЯИ E-544; [25 V '60]; *ЖЭТФ* **39** (1960), 1099-1105 (А.В.Ефремов и В.А.Мещеряков). [31 V '60]; *Sov. Phys. JETP* **12**, No. 4, 766-70 (1961).

На основании результатов предыдущей работы получено интегральное уравнение для фазы α_{33} и выражения для остальных фаз, содержащие фазы $\pi\pi$ -рассеяния δ_0 и δ_1 . Установлена важная роль дисперсионных соотношений для пион – нуклонного рассеяния назад. Показано, что фаза δ_0 сильно влияет на πN -рассеяние. Из рассмотрения малых p -фаз вблизи порога πN -рассеяния оценена длина рассеяния фазы δ_0 .

30. The Derivation of the $\pi\pi$ and πN scattering from Mandelstam Representation, in Proceed. 10-th Rochester Conf., 1960, 277-82 (A. Efremov, V. Meshcheryakov, H.Y. Tzu)

Доклад на Рочестерской конференции 1960 года. Содержит обзор результатов работ №№ 28, 29, 30, 31.

1961

31. On Deriving Equations from the Mandelstam Representation, *Nucl. Phys.* **22** (1961) 202-6. (A. Efremov, V. Meshcheryakov, H.Y. Tzu). [01 VII '60]

A new recipe is proposed for deriving the integral equations for partial-wave scattering amplitudes on the basis of the dispersion relations at a fixed angle and the unitarity condition. The method is illustrated by applying it in the simplest case of $\pi\pi$ -scattering. The results on the πN -scattering are summarized in brief.

32. Нейтральная модель для исследования пион-пионного рассеяния, *ЖЭТФ* **41** (1961) 603-11 (А.В. Ефремов и Чжу-Хун-юань). [22 III '61] *Sov. Phys. JETP* **14**, No. 2, 432-7 (1962).

Исследуется уравнение, описывающее рассеяние нейтральных псевдоскалярных мезонов в области низких энергий. Получено общее решение этого уравнения, аналогичное решению Кастильехо, Далитца и Дайсона [13] для уравнения Лоу. Это решение допускает два различных асимптотических поведения при больших энергиях. В случае, когда при больших энергиях амплитуда убывает как $(\log E)^{-1}$, решение соответствует перенормированной теории возмущений. Во втором случае, когда амплитуда убывает как E^{-4} , решение не соответствует теории возмущений. В некотором смысле оно может быть сопоставлено с перенормируемым лагранжианом $[(\partial\phi/\partial x_n)(\partial\phi/\partial x_n)]^2$. Это второе решение обладает рядом интересных свойств, В частности, оно оказывается вырожденным при выключении взаимодействия.

33. The Pion-Pion Scattering at Low Energy, Препринт ОИЯИ D-757; *Scientia Sinica* **10** (1961) pp 812-36 (A. Efremov and H.Y. Tzu) [20 VI '61]

The integral equation for the $\pi\pi$ scattering at low energy is investigated by the analytical method. It is shown that the scattering length of the s -waves are positive. The solutions can have three different possible asymptotic behaviours at high energy ($1/\log q^2$, $1/q^2$, and $1/q^4$). The solutions with the asymptotic behaviour $1/q^2$ or $1/q^4$ have a narrow resonance in the p -wave, which is not connected with the existence of any heavy, unstable particle. The possible connection between the narrow resonances observed in various processes and the existence of the effective nonrenormalizable interactions is pointed out. Further support is given to the view that the dispersion relation together with the unitary condition does not lead to a unique dynamical theory.

An explicit approximate adiabatic solution with the logarithmic asymptotic behaviour is obtained in the limit of small interaction. Comparison with the result of the perturbation calculation yields good agreement in the region of low energy, which, in turn, justifies the approximation used in the derivation of the integral equation.

1962

34. Dispersion Theories for Low Energy Scattering, *Nucl.Phys.* **34** (1962) 510-6. [14 X '61]

A short review is presented of the current state of low energy scattering theory based on the method of dispersion relations and spectral representations. Different theoretical approximations are analysed using pion-pion scattering as an example.

– То же на русском яз.: Дисперсионные теории низкоэнергетического рассеяния, препринт Института Математики Сибирского Отделения АН СССР (ИМ СОАН), Новосибирск, № ТФ-2 [11 VIII '61];

35. Некоторые резонансные решения уравнений низкоэнергетического пион-пионного рассеяния, препринт ИМ СОАН, № ТФ-3 [21 IX '61]; *ЖЭТФ* **42** (1962) 610-21; *Sov. Phys. JETP* **15** (1962) No.2 452-32 (В.В. Серебряков).

Предлагается метод конструирования предельных (при малых "константах связи" $\lambda \rightarrow 0$) резонансных решений $\pi\pi$ рассеяния со степенными асимптотиками. Выход в области не малых λ реализуется с помощью N/D -техники, причем для функции D произведено второй вычитание. Этим способом исследована трехпараметрическая ветвь решений с одним резонансом в каждой из волн, положения которых совпадают. Характерной чертой степенных резонансных решений является узость p -резонанса при разумных значениях длин рассеяния s -волн и широкий резонанс в волне A_0 . Установлено, что степенные ветви являются предельными случаями логарифмических, соответствующими выходу нулей (типа КДД [13]) на бесконечность. Показано, что экспериментальное значение ширины p -резонанса может являться критерием роли высокоэнергетических вкладов в области низких энергий.

36. Properties of the Resonance Solutions of the Pion-Pion Scattering, *Nucl. Phys.* **34** (1962) 500-4 (V.V. Serebryakov). [14 X '61]

General properties of the solutions obtained earlier are surveyed and the resonance solutions we have investigated are discussed in detail.

– То же на русском яз.: Свойства резонансных решений пион-пионного рассеяния, препринт ИМ СОАН, № ТФ-4 [02 X '61];

37. Высшие парциальные волны в низкоэнергетических приближениях, препринт ОИЯИ Д-857, [14 XII '61]; *ЖЭТФ* **42**, (1962) 1344-53 (А.В. Ефремов); *Sov. Phys. JETP* **15**, No. 5, 932-8 (1962).

Проведен учет высших парциальных волн в уравнениях для низкоэнергетического $\pi\pi$ рассеяния, полученных дифференциальным методом. Показано, что их влияние мало.

Рассмотрена процедура учета бесконечного числа парциальных волн в низкоэнергетических уравнениях и установлена ее бессмысленность.

38. A Natural Explanation for the Narrow Pion-Pion Resonance, Препринт ИМ СОАН ТФ-4, [23 III '62]; *Phys. Lett.* **1** (1962) 195-6 [18 V '62] (В.В. Серебряков).

Приведены результаты машинных расчетов уравнений, полученных ранее в работах №№ 35, 36. Показано, что максимальная ширина ρ - мезона, индуцированного большой s -волной ($I = 0$) не может превышать 40Mev.

39. Low Energy Pion-Pion Scattering, preprint E-994 [31 V '62]; in *Proceed. 1962 Intern. Conf. High Energy Physics Geneve, 1962*, 163-7, (А.В. Ефремов и В.В. Серебряков).

Секционный доклад на "Рочестерской" конференции в Женеве. Содержит обзор результатов работ №№ 35 – 38.

1963

40. Инвариантный заряд и асимптотики Редже, *Докл. АН СССР*, 1963, **148**, 814-7 [31 X '62]; *Sov. Phys. Doklady* **8** 164-6 (1963)

Обсуждается возможность получения высокоэнергетических асимптотик дифракционного рассеяния типа Редже из квантовополевой теории возмущений с помощью ренормализационной группы. Сформулирован тезис о применимости РГ преобразований только к действительным величинам, например спектральным плотностям спектральных представлений. Обсуждается возможная связь реджевских асимптотик с конечной перенормировкой константы связи.

1964

41. Дисперсионная теория низкоэнергетического пион-пионного рассеяния, *Труды Межд. Зимн. Школы*, Дубна, 1964, Изд. ОИЯИ т.2, 117-59

Лекции представляют собой обзор работ по дисперсионной теории низкоэнергетического взаимодействия. Лекция 1, носящая вводный характер, содержит также справочные сведения по кинематике, изотопической структуре и унитарности $\pi\pi$ -рассеяния. Лекция 2 посвящена работам Чу и Мандельстама, положившие начало систематическим исследованиям в этой области. Наконец, в лекциях 3 и 4 излагаются результаты оригинального метода теоретиков Дубны и Новосибирска, приведшего к созданию последовательной картины низкоэнергетических сильных взаимодействий. (Лекции составлены совместно с В.В. Серебряковым.)

42. Теория пион-нуклонного взаимодействия в области энергий ниже 1 Гэв, *Труды Межд. Конф. по Физ. Выс. Энергий*, Дубна, 1964, Изд. ОИЯИ, т.1, 283-94 [17 VIII '64]

Приглашенный пленарный доклад на "Рочестерской" конференции 1964 г в Дубне. Содержит обзор современного состояния попыток теоретического описания $\pi\pi$, πN и NN взаимодействий в их взаимозависимости. В первой части дается критическое изложение популярной в те времена теории "бутстрепа" а также альтернативного "дифференциального" подхода, разрабатывавшегося тогда в Дубне и Новосибирске.

В заключение обсуждается возможность влияния высокоэнергетических эффектов на низкоэнергетическое рассеяние. (Как известно, именно такой сценарий подтвердился спустя несколько лет – см. ниже оригинальные работы №№ 51 – 52, 56, 57 и обзоры – главу "Коротковолновое отталкивание" английского издания нашей книги "Дисперсионные теории сильных взаимодействий при низких энергиях" № 48, а также №№ 61 и 65.

– То же на русском языке: Препринт ОИЯИ Р-1788.

1965

43. Dispersion Theory of Low Energy Scattering, препринт ИМ СОАН TP-12; *Fortschr. d. Phys.* **13** (1965), 227-76 (В.В.Серебряков).

This review is based largely on the lectures delivered at the Dubna International Winter School of Theoretical Physics on March, 1964. Chapter 1 being of introductory nature also contains some materials on kinematics, isotopic structure and unitarity of the $\pi\pi$ scattering. Chapter 2 covers the original papers by Chew and Mandelstam which have, in fact, given rise to the systematic theoretical studies in this field. Chapter 3 covers the works of theoretists of Dubna and Novosibirsk which led to the consistent approach to the theory of strong interactions at low energies. Chapter 4 contains comparisons with experiment. In writing this chapter the authors used the materials of the 12th International Conference on High Energy Physics (Dubna, August, 1964).

44. Формальная динамическая модель унитарной симметрии, *Доклады АН СССР* **162** (1965) 43-5, (Н.Н. Ачасов, В. Черняк и Ю.Б. Румер). [15 I '65]

На основе 5-мерной кулоновской задачи, путем снижения ее симметрии, построена формальная квантовомеханическая модель, структура и вырождение уровней которой в точности соответствуют группе унитарной симметрии $SU(3)$.

45. Ренормализационная группа и ультрафиолетовые асимптотики рассеяния, ТФ-15; *ЖЭТФ* **49** (1965) 335-44 [27 II '65]; (И.Ф.Гинзбург); *Sov. Phys. JETP* **22** No.1 (1966) 234-40.

A brief survey of the foundations of the renormalization-group method (RGM) is given. The general solutions of functional equations derived by Ovsyannikov are written out. They are used as the basis for a study of the problem of finding the high-energy asymptotic behaviour of the scattering amplitude f . If the mass variable drops out at high energies, then for a fixed scattering angle f is a function of one argument, and for fixed momentum transfer it is a function of two arguments. In the former case the RGM gives improved asymptotic properties as compared with ordinary perturbation theory, – contrary to the conclusion of Huang and Low [14] – and in the latter case it does not. The sum of the main logarithmic terms in the symmetric charged pion theory is found. A special hypothesis is formulated which leads to asymptotic behaviour of a quasi-Regge type for both the elastic and the inelastic amplitudes.

46. Dispersion Description of Low Energy Scattering, in *High Energy Physics and Element. Particles* IAEA, Vienna, 1965, pp 209-26.

Сокращенная версия работы № 43. Следует тексту доклада автора, сделанного на Летнем семинаре 1965 г в ICTP (Триест).

1966

47. Решаемая модель для амплитуды рассеяния вперед, *ЯФ* **3** (1966) 1149-53; *Sov. J. Nucl. Phys.* **3** 834 (1968). [27 X '65]

Предложена модель для описания рассеяния вперед бесспиновых частиц. Условие унитарности в модели обеспечивает правильное описание околопороговой низкоэнергетической области, а также высокоэнергетической области при условии, что полное сечение выходит на константу. В случае нейтральных мезонов модель допускает точное решение, сравнение которого с низкоэнергетической упругой моделью позволяет сделать ряд важных выводов. Для реального случая заряженных пионов модель дает систему уравнений, которая может быть решена численными методами.

1967

48. Дисперсионные теории сильных взаимодействий при низких энергиях, М. ГРФМЛ изд. "Наука 1967 (В.А.Мещеряков и В.В.Серебряков).

Книга посвящена применению метода дисперсионных соотношений к теории сильных взаимодействий элементарных частиц при низких энергиях. Содержит обзор основных представлений метода дисперсионных соотношений и ряда приближенных подходов, в первую очередь к низкоэнергетическим процессам. Дано сравнение этих подходов и отмечены присущие им трудности. Основное изложение проведено на базе уравнений для низших парциальных волн, полученных при помощи дифференциального приближения, предложенного ранее авторами. Этим методом последовательно рассмотрены процессы $\pi\pi$ рассеяния, фоторождения пионов на пионах, πN рассеяния, а также электромагнитные формфакторы пионов и нуклонов.

Книга рассчитана на студентов старших курсов, аспирантов и научных работников, занимающихся теоретической физикой и физикой элементарных частиц.

– На английском языке *Dispersion Theories of Strong Interactions at Low Energy*, North-Holland, 1969.

49. Теория квантованных полей. Сб. Развитие физики в СССР, М., Наука, 1967, книга I, с.3-18 (Б.В.Медведев и В.П.Павлов).

Краткий обзор исторического развития и современного состояния теории квантовых полей с акцентом на вклад советских физиков.

50. Ограничения на амплитуду рассеяния в дисперсионном методе, в сб. *Физика Высоких Энергий и теория элементарных частиц*, Киев, Наукова Думка, 1967, с.744-52 (И.Ф.Гинзбург).

51. Коротковолновое отталкивание в низкоэнергетическом рассеянии, *ЯФ* **6** (1967) 400-11; *Sov. J. Nucl. Phys.* **6** 489 (1967) [19 XII '66] (В.В.Серебряков).

Предложен метод учета высокоэнергетических вкладов в уравнения для парциальных волн низкоэнергетического рассеяния. Для симметричных амплитуд эти вклады носят характер отталкивания. На примере s, p -пион-пионного рассеяния показано, что учет этого отталкивания, описываемый "константой коротковолнового взаимодействия" γ , может существенно изменить длины рассеяния и ширины низкоэнергетических резонансов.

52. Коротковолновые вклады в низкоэнергетическом πN рассеянии, *ЯФ* **6** (1967) 625-33; *Sov. J. Nucl. Phys.* **6** 454 (1967) (В.И. Лендшел и В.В.Серебряков). [13 I '67]

Проведен полуфеноменологический учет высокоэнергетических вкладов в низкоэнергетическое πN -рассеяние. Показано, что этот учет приводит к выражениям для s - и p - волн, отличающихся от формул Чу – Гольдбергера – Лоу – Намбу на члены формфакторного типа.

Подходящий выбор параметров позволяет достигнуть хорошего согласия с экспериментальными данными для длин рассеяния и энергетического хода фаз. Часть формфакторов отражает вклады канала $\pi\pi - N\bar{N}$, и соответствующие параметры могут быть отождествлены с массами ρ - и σ - мезонов.

53. Относительно правил сумм для $\pi\pi$ и πN рассеяния, *ЯФ* **6** (1967) 638-44; *Sov. J. Nucl. Phys.* **6** 463 (1967) [28 I '67] (И.И.Орлов).

Показано, что правила сумм для $\pi\pi$ -рассеяния, полученные в работе [15] на основании представления Мандельштама, могут быть найдены из строго доказанных дисперсионных соотношений по s при фиксированном t . Соответствующие правила сумм для πN -рассеяния оказываются эквивалентными правилам сумм, рассмотренным Гамильтоном и Вулкоком [16].

54. Energy Behaviour of δ_0^0 -Phase Shift in $\pi\pi$ Scattering, *Phys. Lett.*, **25B** (1967) 138-9 [9 VI '67] (В.В. Серебряков).

На основе класса решений, предложенных в работе № 51, обсуждается возможное энергетическое поведение "большой" изосинглетной s -волны $\pi\pi$ рассеяния.

55. Divergent Sum Rules and Universality of Short-Range Repulsion, *Nuovo Cim.*, **51A**, 878-81, 1967 [28 VIII '67] (В.В. Серебряков).

Исходя из представления об эффективном коротковолновом отталкивании из работы № 51, введены "расходящиеся правила сумм" для комбинаций амплитуд различных процессов, достаточно быстро убывающих при больших энергиях. На этой основе установлены интегральные соотношения между амплитудами упомянутых процессов, близкие к "правилам сумм" при конечных энергиях полученных несколько ранее в работе [17] на другой основе.

f1968

56. S -волны в низкоэнергетическом $\pi\pi$ - рассеянии, *ЯФ* **7** (1968) 170-7; *Sov. J. Nucl. Phys.* **7** (1968) 123 [15 V '67] (В.В. Серебряков).

Показано, что учет коротковолнового отталкивания в низкоэнергетическом $\pi\pi$ -рассеянии может привести к малой отрицательной s -волне в канале $I = 2$ и к аномальному поведению s -волны в канале $I = 0$. Это аномальное поведение определяется появлением низкоэнергетического подпорогового нуля в парциальной волне a_0^0 . Установлена возможность соответствия полученных решений с различными экспериментальными сведениями о пион-пионном взаимодействии в каналах $I = 0, 2$.

57. Model for the s - and p -wave πN scattering, *Nucl. Phys.* **B6** (1968) 607-16 [23 Jan '68]; (V.V. Serebryakov)

A generalization of the CGLN equations for the s and p partial waves of low-energy pion-nucleon scattering is constructed which explicitly takes into account the contributions from the $\pi\pi \rightarrow NN$ annihilation channel with the aid of an effective Lagrangian. It is shown that these equations describing only the long-range effects can not give a simultaneous quantitative description of s and p waves, and the 33 -dominant solution leads to a contradiction with the universality of the vector interaction in the effective Lagrangian.

A simple way of accounting the short-range effects with the aid of phenomenological repulsion potentials is suggested. In the static limit a solvable system of equations for the s and p waves is obtained. Its 33 -resonance solution leads to a reasonable agreement between the experimental values of all scattering lengths, the 33 -resonance parameters and the constants of the effective Lagrangian, satisfying the Sakurai condition of universality.

58. Эмпирические массовые закономерности резонансных состояний, ТФ-48; *Доклады АН СССР* **181** (1968), 837-9 [26 IV '68]; *Sov. Phys. Dokl.* **13** (1969) 776-8

Получена простая спектроскопическая картина для значительной части мезон-мезонных и мезон-барионных двухчастичных резонансных и связанных состояний в терминах специальной энергетической переменной $x_{ik} = (M_{ik}^{pe})^2 - m_i^2 - m_k^2$, где m_i, m_k - массы продуктов основного двухчастичного распада.

Показано, что внутри мультиплетов J^P числа x меняются мало, а средние значения $x(J^P)$ образуют простую спектральную последовательность квази-эквидистантного типа.

59. К вопросу о теории связанных состояний, ТФ-49; Докл. АН СССР **181** (1968), 1097-9 [26 IV '68]; *Sov. Phys. Dokl.* **13** (1969) 786-8

Анализируется смысл квантования переменной $x = s - m_i^2 - M_i^2$ из предыдущей работы 57. Показано, что с помощью условия кроссинг-симметрии кванты x могут быть выражены через кванты t -инвариантного квадрата передачи импульса. Обсуждается причина отсутствия s -уровней в главной серии x -уровней. Предполагается, что оно связано с проявлением кварковой структуры адронов на расстояниях $< 10^{14}$ см. Вследствие этого π, K, N - частицы имеют наиболее компактное кварковое ядро.

1969

60. Общий характер квантования траекторий Редже, письмо в редакцию ЯФ **10** (1969) 670-1; *Sov. J. Nucl. Phys.* **10** ??? (1969)

"Квантование" траекторий Редже обсуждается в терминах переменной x_{ik} , введенной в работе № 58. Показано, что в этих переменных коэффициенты (не только наклоны, но и "высоты") основных мезонных и барионных резонансов, во первых, практически постоянны внутри мультиплетов $SU(3)$ и, во вторых, близки к 1/2 и 1.

61. Коротковолновое отталкивание в низкоэнергетических взаимодействиях, в сб. Проблемы теорет. физики Наука, М., 1969, с.278-82.

Краткий обзор результатов работ нашей новосибирской группы (Ин-т Математики СО АН СССР) по теории рассеяния адронов в области низких энергий. Покрывает публикации 1962-1968 гг., в т.ч. работы №№ 34, 35, 47, 51, 52, 53, 54, 56 и 58.

62. The Puzzles of Elementary Particle Spectroscopy, in Atti del Convegno Mandeleeviano, Torino-Roma, 1969, 327-40.

Текст полупопулярной лекции, прочитанной на Менделеевском Конгрессе в Турине.

1970

63. Свойства траекторий полюсов Редже, препринт ОИЯИ Р2-4726 [01 X '69]; УФН **102** (1970) 87-104; *Sov. Phys. Uspekhi* **13** (1971) 599-607.

Расширенный текст обзорного доклада, прочитанного на научной сессии ОЯФ АН СССР, Ленинград, май 1969 г. Включает результаты работ №№ 48 - 60.

64. Self-sustaining Regime for Regge Trajectories. *Phys. Lett.* **32B** (1970) 635-7 [30 VII '70]. The question of correspondence between the data on baryon Regge trajectories and the spectral representation without an additional linear term is considered. The hypothesis of "self-sustaining regime" for trajectories is formulated and its consequences are discussed. The determining role of inelastic contributions to $Im\alpha$ is established. We propose the hypothesis of the cascade mechanism of forming of the total resonances widths.

65. Short-Range Repulsion and Broken Chiral Symmetry in Low-Energy Scattering, Киевский препринт ИТФ-69-71, 75с [6 XI '69]; *Fortsch. der Physik* 1970 **18**, 527-76 (В.В.Серебряков).

Работа представляет собой существенно измененный вариант главы "Коротковолновое отталкивание" английского издания книги "Дисперсионные теории сильных взаимодействий при низких энергиях" (в русском издании № 52 этой главы нет). В отличие от английского варианта мы использовали понятие киральной симметрии и ее следствия для характеристик низких энергий сильных взаимодействий как граничных условий на решение дисперсионных уравнений. Введение "потенциалов" коротковолнового отталкивания в уравнения при малых энергиях для низких парциальных волн сделало возможным устранение основных трудностей чисто упругого (ЧУНЭ) низкоэнергетического приближения. Итак, в принципе, имеется возможность получения решения с малыми s -волновыми длинами и широкими резонансами. Использование условий для порога, вытекающих из киральной симметрии, позволяет нам (при определенных дополнительных условиях) выразить параметры рассеяния основного резонанса через характеристики пионного распада. Представлены формулы, с помощью одной из которых масса m_ρ ρ -мезона выражена через массу пиона и константу распада f_π из условия ИСАТ; другая выражает ширину Γ_ρ ρ -мезона через μ , f_π и m_ρ (обобщением хорошо известных KSFR соотношений, учитывающих унитарные поправки). Сходные результаты были получены для Δ_{33} резонанса в πN рассеянии. Таким образом, используя приближение нарушенной киральной симметрии и унитарные дисперсионные уравнения для низкоэнергетического $\pi\pi$ и πN рассеяния, мы получили массы, времена жизни и константы взаимодействия для резонансов в p -волне, используя только массы пионов и нуклонов, их времена жизни и константу взаимодействия Ферми. (Работа доложена на совещании по физике высоких энергий в ИТФ АН УССР, октябрь 1969 г.)

1972

66. Elastic and Quasielastic Hadronic Interactions, Труды Межд. школы ОИЯИ-ЦЕРН по физике высоких энергий в Варне т.2, Изд. ОИЯИ, 1972, с.7-91

Text of lectures given at the Varna JINR-CERN Summer School in June, 1971. The level of presentation is rather simple in the beginning, but becomes more complicated to the end. These lectures really can serve as an "invitation" to a more serious study of the theory and phenomenology of strong interactions.

67. A Soluble Realistic Model for $I = 1$ and $I = 0$ $\pi\pi$ Scattering, *Nucl. Phys.* **B47** (1972) 189-199, (N.Johanneson).

Using the small $I = 2$ s -wave as an input we get a soluble set of equations for $I = \ell = 0$ and $I = \ell = 1$ partial waves of low-energy pion-pion scattering. The simplest solution depends only on 2 arbitrary constants which we fix with the aid of PCAC threshold predictions.

The obtained solution shows that the account of a small negative ReA_2 improves the result obtained earlier in №№ 56, 65. The δ_1^1 and δ_0^0 phase-shifts become more close to the experimental values. The typical figures are now $m_\rho \sim 750 - 800$, $\Gamma_\rho \sim 200 - 300$ and $\delta_0^0(m_\rho) \sim 60 - 70^\circ$ instead of $m_\rho \approx 940$, $\Gamma_\rho \approx 260$, $\delta_0^0(m_\rho) \approx 45^\circ$ from paper [1]. The δ_0^0 energy behaviour is close to the "down-down" experimental solution from the analysis of $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ and does not pass through a resonance, but rather has a wide maximum at $W \sim 1$ GeV.

68. Ультрафиолетовые асимптотики при конечных перенормировках констант связи, в Сб. Школа молодых ученых по физике высоких энергий Изд. ОИЯИ, 1972, P2-6867, 141-64.

Текст лекций, содержащих обзор гипотетических возможностей в перенормируемой КТП с конечными перенормировками за счет непертурбативных вкладов.

Рассматривается задача определения ультрафиолетовых асимптотик пропагаторов и высших функций Грина в рамках метода ренормализационной группы. Вначале (разделы 1 и 2) дано краткое описание основ метода и формулировка функциональных групповых уравнений.

В разделе 3 проведено решение функционального уравнения для инвариантного заряда и обсуждается уравнение Гелл-Мана-Лоу. Раздел 4 содержит решение функциональных уравнений для высших функций Грина, которое проведено методом Овсянникова. Показано, что гипотеза о конечных асимптотических значениях инвариантных зарядов (т.е. конечных перенормировках констант связи) приводит к степенному асимптотическому поведению для пропагаторов и выражениям масштабно-инвариантного типа для высших функций Грина.

69. ПП–взаимодействие при низких энергиях. Там же, стр. 249-304 (В.Р. Гарсеванишвили).

Текст лекций на школе для молодых экспериментаторов. Содержит разделы: (1) Роль $\pi\pi$ взаимодействий в физике адронов, (2) Методы наблюдения и экспериментальная информация, (3) Строгие результаты теории, (4) Модели $\pi\pi$ взаимодействия, (5) Заключение. Лит-ра – 43 наим.

70. Ультрафиолетовые асимптотики пропагаторов и высших функций Грина, Препринт ОИЯИ Р2-6938.

Рассмотрена задача анализа ультрафиолетовых асимптотик высших функций Грина в квантовой теории поля методом ренормализационной группы. Решение функциональных уравнений для высших функций Грина проведено методом Овсянникова. Показано, что степенные асимптотики для пропагаторов и автомодельные выражения для высших функций Грина могут быть получены как при конечных, так и при бесконечных перенормировках констант связи.

1973

71. Ultraviolet asymptotics in Quantum Field Theory and Scale Invariance, JINR preprint E2-7082 [18 III '73]; *Nucl. Phys.* **B62** (1973), 194-202 [21 V '73].

High-energy asymptotic behaviour in quantum field theory is studied on the basis of the differential Lie equations of the renormalization group. These equations are used in the Ovsianikov-Callan-Symanzik form.

The connection between scale-invariant asymptotics and the type of coupling constant renormalization is established. It is shown that power asymptotics correspond to finite as well as to some class of infinite coupling constant renormalization. A special case of power asymptotics in which it is possible to assign anomalous dimension to field operators is given.

72. Ultraviolet Behaviour of Spontaneously Broken Gauge Theories, JINR preprint E2-7320 [12 VII '73]; *Phys.Lett.* **47B** (1973) 359-60 [1 X '73]. (V.V. Belokurov, D.I.Kazakov, A.A.Slavnov, A.A. Vladimirov)

The asymptotic invariant coupling in the repulsive σ^4 interaction is shown to be finite in the second logarithmic approximation. It leads to spontaneously broken gauge theories free of UV troubles.

73. Введение в теорию квантованных полей, 2-ое изд. М., ГРФМЛ – Наука, 1973 33,3 п.л. (Н.Н. Боголюбов).

В этом издании внесены изменения в некоторые разделы, отражающие развитие теории за последние годы: Существенно переработан п. 26, в котором более подробно изложена R -операция. Модифицировано изложение главы "Дисперсионные соотношения где добавлено представление Йоста-Лемана-Дайсона.

74. Ренормализационная группа и ультрафиолетовые асимптотики квантовополевых теорий, Изд. Тбилисского Университета, 1973 , 48с.

Лекции (Ноябрь 1973 г) знакомят с техникой исследования ультрафиолетовых асимптотик квантовой теории поля, основанной на методе ренормализационной группы, и с современными приложениями этой техники к ряду актуальных задач.

Вслед за кратким изложением основ метода, носящего в основном справочный характер, подробно изложен общий анализ групповых уравнений для инвариантных зарядов, исследована простая модель скалярного поля с самодействием ϕ^4 , а также дан обзор новейших результатов в моделях, содержащих поля Янга-Миллса.

1974

75. Анализ неопределенности s-фазы $\pi\pi$ -рассеяния на основе дисперсионных соотношений, препринт ОИЯИ E2-7221 10с [4 VI '73]; *ЯФ* **19** (1974) 188-91; *Sov. J. Nucl. Phys.* **19** (1974) 98, (С.В. Голоскоков).

The $\delta_{l=0}^{I=0}$ uncertainty is analysed by means of dispersion relations for forward scattering. It is shown that the solutions without resonance in the vicinity of M_ρ are essentially favoured. The ambiguity of δ_0^0 around 1 GeV/c can not be removed by using currently available experimental data.

76. Ультрафиолетовые асимптотики в присутствии неабелевых калибровочных полей, E2-7562, 28с; *ТМФ* **19** (1974) 149-62; *Theor. Math. Fiz.* **19** (1974) 415-25. (В.В. Белокуров, А.А. Владимиров, Д.И. Казаков и А.А. Славнов) [4 XII '73].

Рассмотрен класс теорий поля Янга-Миллса, взаимодействующего со скалярными и спинорными полями, включая модели со спонтанно нарушенными симметриями. Показано, что все достаточно простые модели подобного типа, за исключением безмассового поля Янга-Миллса, взаимодействующего лишь с фермионами, приводят к выходу за рамки слабой связи, по крайней мере по одной из констант взаимодействия. Однако существует возможность, при которой в ультрафиолетовом пределе эффективная константа четверного мезонного взаимодействия стремится к конечному значению, а янг-миллсовская константа — к нулю. Учет дополнительного юкавского взаимодействия качественно не меняет эту картину.

77. Ренормализационная группа в неренормируемой теории поля, E2-8027, 13с [17 VII '74]; *Изв. ВУЗ'ов, сер. физика*, 1974, N12, 23-9 (Д.И. Блохинцев и А.В.Ефремов).

Функциональные уравнения ренормализационной группы формулируются для теорий с размерными константами связи. Устанавливается структура общих решений уравнения для инвариантного заряда. Особое внимание уделено моделям с отрицательной массовой размерностью констант связи (т.е. моделям, неренормируемым в обычной теории возмущений).

Соответствие общих решений в ультрафиолетовой области с обычной теорией возмущений приводит к неаналитичности по константе связи. Дополнительное предположение о конечности числа инвариантных зарядов приводит к ограничениям на параметры R -операции Боголюбова.

Обсуждена возможность масштабной инвариантности на малых расстояниях. В качестве иллюстрации осуществления этих гипотез рассмотрена одна точно решаемая неренормируемая нерелятивистская модель.

1975

78. Условие причинности в теории полей, в сб. *Современный детерминизм и наука*, т.2, Изд. Наука, СО, Новосибирск, 1975, с.265-78.

Текст доклада на Новосибирском совещании по философским проблемам физики. Содержит обсуждение концепции причинности в квантовой физике, вплоть до условия причинности Боголюбова для матрицы рассеяния.

79. Ultraviolet asymptotics of propagators and higher Green functions, Препринт P2-6938 [7 II '73]; *Труды МИАН* **136** (1975) 333-50

The problem of ultraviolet asymptotic behaviour in quantum field theory is considered by renormalization group method. Functional group equations for higher Green functions are solved by Ovsianikov method. It is shown that power behaviour for propagators and scaling-type expressions for higher Green functions can be obtained for finite as well as for some class of infinite coupling constant renormalization.

1976

80. Singular Solutions of Renormalization Group Equations and the Symmetry of the Lagrangian, JINR Preprint E2-8974 24c [12 VI '75]; in *High Energy Particle Interaction* (Proceed. 1975 Smolenice Conf.) Eds. D.Krupa, J. Pisut, Veda, Bratislava, 1976, 255-78 (Д.И. Казаков).

On the basis of solution of the differential renormalization group equations the method is proposed for finding out the Lagrangians possessing some kind of internal symmetry. It is shown that in the phase space of the invariant charges the internal symmetry corresponds to the straight-line singular solution of these equations remaining straight-line when taking into account the higher order corrections. We have studied the model of scalar fields with quartic couplings, as well as the set of models containing scalar, pseudoscalar and spinor fields with Yukawa and quartic interactions. Straight-line singular solutions in the first case correspond to supersymmetry. No other symmetries have been discovered. For the model containing the gauge fields the solution corresponding to supersymmetry is obtained and it is shown that this is also the only symmetry that can be realized in the given set of fields.

81. Causality and Renormalization Group, E2-9340 [25 XI '75]; *Lett. Mat. Phys.* **1** (1976) 179-82 [30 I '76].

We suppose that for the invariant coupling constants (ICC) the spectral representation of the Källén-Lehman type is valid. By combining this conjecture with the general solution of the functional renormalization group (RG) equation it is possible to analyse the type of singularity in the coupling constant at $g = 0$. For logarithmic models it is of the form $\exp(-1/g)$.

82. Введение в теорию квантованных полей, 3-ье изд. ГРФМЛ "Наука" М., (1976) 38,2 п.л. (Н.Н. Боголюбов).

В третьем издании более подробно излагаются вопросы теории сингулярных функций – введена новая глава "Сингулярные функции и регуляризация". Заново написаны главы "Метод функционального усреднения" и "Ренормализационная группа" добавлен материал по полным функциям Грина, а также внесены некоторые методические усовершенствования.

– Американское издание *Introduction to the Theory of Quantized Fields*. 3rd Ed. Wiley-Interscience, New York, 1980.

Второе американское издание. Перевод сделан с третьего русского издания.

83. Ренормгруппа, причинность и неаналитичность по константе связи, в *Трудах X Межд. школы мол. уч. по физике выс. энергий* в Баку, Изд. ОИЯИ, 1976, Д2-10533, 440-60.

Лекция содержит анализ спектральных (аналитических по квадрату импульса) свойств инвариантного заряда и их использования в аппарате ренормализационной группы применительно к задаче УФ асимптотики в КТП. Рассмотрен вопрос о структуре сингулярности при малых значениях константы связи.

1977

84. Nonanalyticity in coupling constants and troubles of ultraviolet analysis, JINR preprint E2-10217; *Lett. Nuovo Cim.* **18** (1977), 452-456

The structure of essential singularity in the coupling constant is discussed. It is shown that the singularity consists of two terms: one that can be expanded in perturbation series and another that cannot. The first term yields the asymptotic expansion. The formal sum of asymptotic series obey specific properties which prevent obtaining physical results.

85. The universality of coupling constant singularity in quantum field theory. Препринт ОИ-ЯИ E2-10720 (1977) (Б.Дерфель и Д.И.Казаков).

The structure of the Green function singularity near the origin of the coupling constant plane is studied. The method used exploits the functional integral representation and the procedure of the steepest descent method in the functional space. The class of renormalizable and superrenormalizable scalar field models is considered, and the universality of the singularity is established independently of the existence of divergences. The obtained expressions are represented via the spectral integral over the coupling constant. The spectral function is of the form $\rho(g) \sim (-g)^{-\alpha} \exp(-A/g)$.

1978

86. Основание и редактирование серии *Библиотека Теоретической Физики*. Перевод на русский яз. первой книги серии *Теория Фундаментальных Процесов* Р.П. Фейнмана. М. Наука ГРФМЛ, 1978.

87. Новое издание популярного учебника, *УФН* **124**, янв 78, 197-8.

Рецензия на 5? издание книги Д.И.Блохинцева "Квантовая Механика".

1979

88. Аналитическое продолжение результатов теории возмущений модели $g\phi_{(4)}^4$ в область $g \geq 1$, *ТМФ* **38** (1979) 15-24; *Theor. Math. Fiz.* **38** (1979) 9-16. (Д.И.Казаков и О.В.Тарасов).

Рассматривается вопрос о том, что нового дали прогресс в многопетлевых вычислениях и метод асимптотических оценок коэффициентов ряда теории возмущений для прояснения физической ситуации в поведении эффективного заряда на малых расстояниях. Рассмотрение проводится на примере теории $\phi_{(4)}^4$. Предложена процедура построения аппроксимантов бета-функции на основе синтеза точных коэффициентов низших порядков и асимптотических оценок под знаком интегрального представления Бореля. Показано, что в модели $g\phi^4$ β -функция имеет поведение типа $0,9g^2$ при $g \geq 1$.

89. Ренормализационная группа и ультрафиолетовые асимптотики. *УФН* **129** (1979) 407-41; *Sov.Phys.Usp.* **22** (1979) 860-78. (А.А.Владимиров).

The article describes in detail the method of the renormalization group and outlines the possibilities of using it for the analysis of high-energy asymptotics in the framework of quantum field theory. The renorm-group formalism is constructed for an arbitrary scheme of renormalization. The exposition is based on the concepts of effective charge and effective mass. Principal attention is given to the problem of deriving reliable information about the UV properties of quantized-field models on the basis of perturbation calculations. A summary of the results of such calculations for a wide variety of models is given.

90. Асимптотические ряды в квантово-полевых асимптотиках, *ТФМ* **40** (1979) 340-7; *Theor. Math. Fiz.* **40** (1979) 785-9.

Вслед за кратким изложением истории исследований по определению асимптотик в квантовой теории поля излагается современное состояние вопроса. Обсуждается роль асимптотических

рядов в ренормгрупповом анализе асимптотик и подробно анализируется проблема восстановления функции $\beta(g)$ по известным из теории возмущений первым членам разложения в степенной ряд по g и полученным методом функционального перевала предельным выражением коэффициентов асимптотического ряда при больших k , где k — номер члена ряда. Показано, что для надежного восстановления суммы необходима информация о поведении при больших g .

91. Суммирование асимптотических рядов квантовой теории возмущений, в сб. *Проблемы квантовой теории поля* Изд. ОИЯИ, 1979, P2-12462 (Д.И. Казаков).

Доклад посвящён асимптотическим рядам квантовой теории возмущений и их суммированию. Он содержит сводку результатов по рядам, возникающим в задачах квантовой теории поля и квантовой механики. Рассмотрена задача "суммирования" рядов и, в частности, продолжения по константе связи g результатов обычной теории возмущений в область $g \geq 1$.

92. Асимптотические ряды и функциональные интегралы в квантовой теории поля, в сб. *Фундаментальные проблемы теор. и мат. физики* (труды Симпозиума) Изд. ОИЯИ 1979, Д-12831. 323-36. Резюме доклада, посвященного проблемам извлечения надежной информации из нескольких первых членов асимптотических рядов для бета-функции при анализе УФ асимптотике в КТП. Суммированы результаты работ дубненской группы, в т.ч. №№ 84, 85, 88, 90.

93. Развитие общих представлений квантовой физики, *Природа* 1979, No.7, 11-19. Популярная статья, приуроченная к 70-летию Н.Н. Боголюбова. Подробно освещена идеология фундаментальных вкладов юбиляра в микроскопическую теорию сверхтекучести и микроскопическую теорию сверхпроводимости с акцентом на открытие феномена парных корреляций и спонтанного нарушения симметрии.

1980

94. *Физика Микромра*. Маленькая Энциклопедия, М., Издат. "Советская Энциклопедия" 528с, 53 п.л., 1980 (редактирование и мелкие статьи).

95. Аналитические вычисления на ЭВМ в приложении к физике и математике, Сообщение ОИЯИ, 1978, P2-11547 [4 V '78]; *УФН* **130** (1980) 113-47; *Sov. Phys. Uspekhi* **23** (1980) 59-77. (В.П.Гердт и О.В.Тарасов).

Обзор современного состояния аналитических вычислений на ЭВМ. Рассмотрен ряд программных систем для аналитических вычислений. Наиболее подробно обсуждаются свойства систем SCOONSHIP, CLAM, REDUCE-2, SYMBAL, SAMAL, АВТО-АНАЛИТИК, которые внедрены, либо будут внедряться в ОИЯИ, а также системы MACSYMA, являющейся одной из наиболее развитых программных систем для аналитических вычислений. На основе анализа математических операций, реализованных в этих системах, показано, что с их помощью можно решать широкий класс задач физики и математики, и, в частности, задачи квантовой теории поля, небесной механики, общей теории относительности, физики плазмы и т.д. Рассмотрены задачи, решенные в ОИЯИ с помощью систем для аналитических вычислений.

Обзор адресован специалистам различных областей теоретической физики и математики.

96. Arbitrariness in Higher Orders of Renormalized Perturbation Theory, JINR Comm., E2-80-415, 7c [25 VI '80].

t-80-415 Shirkov The formal nonuniqueness in higher orders of perturbation theory caused by the arbitrariness in definition of the renormalized coupling constant is considered. This ambiguity not related to observable quantities reflects in different formal expressions for intermediate theoretical constructions, like beta-function and anomalous dimensions. We study the possibility of exploiting

this ambiguity for the "summation" of asymptotic series arising in the renormalization group formalism.

97. Суммирование асимптотических рядов в квантовой теории поля, *Лекции для молодых ученых, вып.25*, Изд. ОИЯИ, 1980, 72с /2 VII '80/; Asymptotic series of Quantum Field Theory and their Summation, *Fortsch. der Physik* **28** (1980) 465-99 (Д.И.Казаков).

Дан обзор современного состояния вопроса об асимптотическом характере рядов теории возмущений в КТП. Излагается метод перевала в континуальном интеграле, приведена сводка результатов по асимптотическим рядам в задачах квантовой теории поля и квантовой механики. Затем рассматривается проблема "суммирования" подобных рядов, возникающая при попытках выхода в область немалых значений константы связи.

98. 3-Loop approximation for running coupling constant in quantum chromodynamics. Препринт ОИЯИ E2-80-609, 8pp. [27 VIII '80]

The energy behaviour of running coupling constant $\bar{g} = \alpha_s/\pi$ in QCD is discussed on the basis of recent calculations of $\beta(g)$ in 3-loop approximation. It is shown that 3-loop \bar{g} approximation can be considered as reliable up to values $g = 0.3$ (at $\log(Q/\Lambda)^2 = 1.2$). The possible physical importance of $\bar{g}(Q)$ behaviour in this region is connected with mechanism of "renormalization red shift" of effective coupling due to large positive coefficients at radiative corrections of matrix elements.

99. Новые возможности ЭВМ — аналитические вычисления, *Природа* 1980, No. 11, 36-46 (В.П. Гердт)

100. Квантовые поля, М., Наука, 1980, 21 п.л. (Н.Н.Боголюбов).

Учебное пособие, рассчитанное на годовой курс (64 часа лекций и такое же количество семинаров) для студентов старших курсов физических специальностей, впервые изучающих предмет. Содержит последовательное линейное изложение теории квантовых полей от лагранжева формализма классических релятивистских полей до перенормированной теории возмущений, а также обзор современного состояния.

В Дополнения вынесен технический материал и наборы упражнений. Последние предназначены для коллоквиумов и могут быть использованы для самообразования.

— Американское издание: *Quantum Fields*, Benjamin/Cummings Publ., Reading, 1983 388p. Добавлено приложение "The Renormalization Group"

— Немецкое издание: *Quantenfelder*, VEB Deutsch. Verlag der Wissensch., Berlin, (1984) 326pp. Включает приложение "The Renormalization Group" из амер. изд.

— см, ниже No. 155.

1981

101. Пороговые эффекты в 2-петлевом приближении и параметризация реальной КХД, E2-81-76 [11 II '81]; *ЯФ* **34** (1981) 541-5; *Sov. J. Nucl. Phys.* **34(2)** (1981) 300-2.

Дифференциальное ренормгрупповое уравнение для инвариантного заряда решено в двухпетлевом приближении с учетом конечных масс частиц. Это решение использовано для анализа поведения бегущей константы связи в КХД в окрестности порогов рождения кварковых пар $c\bar{c}$ и $b\bar{b}$. В результате этого анализа установлен количественно закон изменения размерного параметра шкалы Λ при переходе от трехкварковой области к пяти- и шестикварковой.

102. Многопетлевые эффекты в квантовой теории поля, Сообщ. ОИЯИ, 1981, P2-81-80 7с. /3 II '81/

Дан обзор основных результатов, полученных в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ в 1973-80 годах, касающихся вычислений многопетлевых диаграмм в квантовой теории поля. Наиболее значимыми результатами являются: а) вычисление критических индексов фазовых

переходов на основе четырехпетлевого приближения скалярной модели; б) расчет ренорм-групповых функций квантовой хромодинамики в трехпетлевом приближении; в) обнаружение отсутствия ренормировки заряда в суперсимметричной калибровочной модели Лиоцци, Олива и Шерка. Все эти расчеты выполнены с помощью систем аналитических вычислений на ЭВМ и являются на сегодняшний день рекордными.

103. Массовые зависимости в ренормгрупповых решениях, E2-81-274 [22 IV '81]; *ТМФ* **49** (1981) 291-7 [13 IV '81]; Mass Dependence in Renorm-Group Solutions, *Theor. Math. Fiz.* **49** (1981) 1039-42.

Предложен метод приближенного решения уравнений ренормализационной группы с учетом зависимостей от массы частиц. С его помощью получены формулы высокой точности для инвариантного заряда и одноаргументных ренормгрупповых решений, соответствующие учету двух- и трех-петлевых вкладов в схеме импульсного вычитания (ММ-схеме). Эти формулы представляют интерес для случая разномасштабных масс и, в частности, для актуальной задачи учета порогов рождения тяжелых кварков в современной КХД.

104. Использование программ аналитических выкладок в ОИЯИ, в сб. *Математическое моделирование в ядерно-физических исследованиях – Труды Совещания по математическому моделированию* (Дубна, осень 1980) Изд. ОИЯИ Д10-81-622, 1981, 76-85.

Тезисы доклада. Первая часть содержит обзор современных возможностей машинной алгебры и ее развития в ОИЯИ. Во второй части подробно излагается история рекордного вычисления трех-петлевых глюонных диаграмм, сыгравших важную роль в развитии КХД.

105. Метод ренормгруппы в квантовой теории поля, в сб. XIV Межд. Школа Мол. Ученых по ФВЭ, Изд. ОИЯИ Д2-81-158, 1981, 101-49; (А.А. Владимиров)

В лекциях изложен метод ренормализационной группы с акцентом на применения в калибровочных теориях. Объяснено происхождение размерного ренормировочного параметра, эффективного (инвариантного) заряда, а также получение дифференциальных групповых уравнений. Решения последних представлены через ренормгрупповые функции β и γ . Обсужден переход к "улучшенной" теории возмущений и зависимость коэффициентов этой новой теории от схемы перенормировки. Рассмотрена возможность применения ренормгруппы (совместно с методом факторизации) для изучения "неоднородных" асимптотических режимов, например, глубоко неупругого рассеяния. Показано, как можно учесть эффекты больших масс частиц и применить ренормгрупповой анализ к проблеме Великого Объединения взаимодействий.

106. Памяти Юрия Михайловича Широкова, *УФН* **134** 355-6 (1981); *Sov. Phys. Uspekhi* **24** (1981) 526. (6 соавторов.)

1982

107. Ренормализационная группа, принцип инвариантности и функциональная автомодельность, E2-81-801 [16 XII '81]; *Доклады АН СССР*, **263** (1982) 64-7; Renormalization Group, Invariance Principle and Functional Self-similarity, *Sov. Phys. Doklady* **27** (1982) 197-9. [Dec 25, 1981]

Сформулирован новый взгляд на ренормализационную группу, как на группу симметрии частного решения краевой задачи, отвечающую преобразованиям, вовлекающим параметры краевого условия. Установлена связь с обычной (степенной) автомодельностью.

Эта работа объяснила поразительное тождество функциональных уравнений, возникающих в различных областях теоретической и математической физики и, в дальнейшем, открыла путь к использованию ренормгрупповых представлений и методов в широком круге задач математической физики – см., напр. №№ 167, 178.

108. Quark Mass Effects in QCD, Препринт ОИЯИ, E2-82-465, 7с. [17 VI '82].

Recent studies of QCD coupling $\bar{\alpha}_s(Q^2)$ in the 2-loop approximation with fermionic mass effects are summarized. The main results are: (1) An explicit expression for $\bar{\alpha}_s(Q^2)$ in the 2-loop approximation with heavy quark mass dependencies. (2) A quantitative analysis on the basis of the above-mentioned expression for $\bar{\alpha}_s(Q^2)$ of the energy dependence of the scale QCD parameter Λ and the conclusion about its inadequacy in the modern energy region.

1983

109. Квантовые симметрии во взаимодействиях частиц, P2-82-26 [15 I '82]; ЭЧАЯ **14** (1983) 1062-72

Вводится понятие квантовой симметрии как симметрии, при формулировке которой существенно используются квантовые представления и квантовые понятия. Обсуждаются три принципа квантовой симметрии: I. принцип перенормируемости (возможно сверхперенормируемости); II. принцип локальной калибровочной симметрии; III. принцип суперсимметрии.

Показано, что в развитии квантовой теории поля эти принципы играют детерминистическую роль. Их последовательное, в историческом плане, использование все более ограничивает механизм взаимодействия квантовых полей.

- 109a. Портрет с близкого расстояния, *Природа* № 1, 120-2 (1983). Воспоминания о Р.В. Хохлове.

1984

110. The Renormalization Group Method and Functional Self-similarity in Physics, E2-83-790, 7pp /11 XI '83/; in *Non-linear and Turbulent Processes in Physics*, Ed. R. Sagdeev, Harwood Acad.Publ., N.Y. (1984) **3** 1637-47.

Текст доклада на конференции в Киеве по нелинейным и турбулентным процессам в физике. Содержит популярное введение и обзор метода ренормализационной группы в квантовой теории поля, теории критических явлений и т.д. На основе представления о функциональной автомодельности, введенном в работе № 107 сформулирована программа использования МРГ в широком классе нелинейных задач математической физики.

111. Ренормгруппа и функциональная автомодельность в различных областях физики, E2-83-??; *ТМФ*. 1984, т.60, 218-223 Renormgroup and functional self-similarity in different branches of physics, *Teor. & Math. Physics* **60** 778-82 (1984) [3 IV '84]; *Труды 3 Межд. Симп. Избр. Вопр. Стат. Мех. Изд. ОИЯИ Д17-84-850*, 1984, 310-21

Дана общая формулировка "различных" ренормализационных групп из разных областей физики: квантовой теории поля, теории критических явлений, теории турбулентности, физики полимеров, теории переноса излучения. Эта единая формулировка использует язык групповых преобразований и функциональных уравнений. В основе этих преобразований и уравнений лежит простое свойство — свойство функциональной автомодельности, являющееся обобщением обычной автомодельности. Обсуждается отличие физической основы ренормгрупповых преобразований в системах с бесконечно большим числом степеней свободы и функциональной автомодельности простых физических систем.

112. Ренормгруппа? Это очень просто, *Природа* № 8, 3-13 (1984) (Н.Н. Боголюбов) Популярное введение в круг симметричных и групповых представлений, лежащих в основе метода ренормализационной группы, широко применяемого в различных разделах теоретической и математической физики. Краткий обзор наиболее важных физических результатов, полученных с помощью этого метода, в том числе явления "асимптотической свободы" в теории сильных взаимодействий в микромире.

113. Quark-Mass Effects in Scheme-Invariant Perturbation Theory, *JINR Rapid Comm.*, 1984 No. 3-84, pp 17-25 (D.I. Kazakov) /11 X '84/

We report the results of massive generalization of the scheme-invariant perturbation theory that represents physical observables in terms of renormalization-scheme invariant quantities. For the functions depending on one invariant argument expressions which explicitly incorporate threshold effects are given. Analogous generalizations of equations relating scale parameters for different processes are obtained.

114. Введение в теорию квантованных полей, 4-ое изд, М., Наука, 1984, 37,6 п.л. (Н.Н. Боголюбов) Введены изменения в главу "Ренормализационная группа".

1985

115. Mass Effects in Scheme-Invariant Perturbation Theory, in *Proceed. 22 Intern. Conf. NER, Leipzig*, 1985, v.1, 89-90. (Д.И. Казаков) Секционный доклад на "Рочестерской" конференции 1984 г в Лейпциге. Суммирует результаты оригинальных работ №№ 101, 103 и, в особенности, 113.

116. Перенормировки в КТП, Сообщение ОИЯИ Р2-85-6 1985 9с [?? '84]; в сб. *Теор. Физика и Физика на Высоких Энергиях*, София (1988) 28-34

Рассматривается формальная сторона и анализируется физическое содержание процедуры перенормировок в КТП, ее связь с ренорм-группой и наличием ультрафиолетовых расходимостей. Показано, что возникновение размерного "параметра шкалы" связано с квантованием, а не с устранением бесконечностей.

117. Метод ренормгруппы в физике (2 лекции) в *Трудах Школы Молодых Ученых по КТП и ФВЭ*, Изд. МГУ, 1985, сс 160-83 Цикл лекций содержит изложение метода ренормализационной группы в теории полей, связь ренормгруппы и функциональной автомодельности, современные приложения в квантовой теории поля и других областях физики.

118. Ренормгруппа в различных областях физики - 5 лекций, Литогр. Изд. Карлова Ун-та в Праге, 1985, 80с Обзорный цикл лекций, содержащий последовательное изложение метода ренормализационной группы в теории полей, связь ренормгруппы и функциональной автомодельности, современные приложения в квантовой теории поля и других областях физики.

119. Взаимосвязь различных ренормгрупп, *Сообщ. ОИЯИ Р2-85-529*, 1985, 12с, (А.С.Шумовский и В.И.Юкалов)

Рассмотрено свойство функциональной автомодельности ряда физических систем. Исследованы разные формулировки ренормгрупповых и полугрупповых преобразований. Обсуждены их различия и общие свойства. С математической точки зрения введение группы перенормировок можно производить двумя способами. Один способ основан на выявлении внутренней симметрии конкретного решения физической системы и описании данной симметрии на языке естественных переменных рассматриваемой задачи. Указанный метод построения ренормгрупп использовался Штюкельбергом и Петерманом, Боголюбовым и Ширковым. Другой способ связан с выделением совокупности моделей, обладающих близкими свойствами и отличающихся друг от друга масштабом некоторой переменной. К этому методу относятся подходы Гелл-Манна и Лоу, Каданова и Вильсона, Юхновского. Оба упомянутых способа являются частными следствиями общего принципа функциональной автомодельности.

120. Схемно-инвариантная теория возмущений в массивной КХД, *Ядерная Физика* **42** (1985), 768-76; (Д.И.Казаков) *Sov. J. Nucl. Phys.* **42(3)**, Sept. 1985, 487-91

Результаты перенормированной квантово-полевой теории возмущений, улучшенной методом ренормгруппы, зависят от схемы перенормировок. Недавно было показано, что такая улучшенная теория возмущений может быть сформулирована в терминах схемных инвариантов. В настоящей работе, во-первых, приводятся аргументы в пользу этой схемно-инвариантной теории возмущений, применяемой нами для анализа распада Υ -мезона и сверхтонкого расщепления J/ψ -мезона в рамках КХД. Получены наиболее вероятные значения $\Lambda_{\overline{MS}} = 230 \pm 90$ МэВ для $f = 3$ и $\Lambda_{\overline{MS}} = 200 \pm 30$ МэВ для $f = 4$. Во-вторых, построено обобщение схемно-инвариантной теории возмущений на случай учета масс кварков. Для функций, зависящих от одного инвариантного кинематического аргумента, получены выражения, которые явно учитывают пороговые эффекты. Аналогичным образом обобщены формулы связи между шкалами различных процессов.

121. Проблематика теории взаимодействий частиц, в сб. Теоретич. аспекты совместных экспериментальных программ ОИЯИ с ЦЕРН и ИФВЭ, Сообщ. ОИЯИ P2-85-609, 96-102

Тезисы доклада на совещании в ЛТФ, содержащего обзор состояния и перспективы участия дубненских теоретиков в программах ЦЕРН'а и ИФВЭ.

122. Квантовые принципы во взаимодействиях полей, препринт ОИЯИ P2-85-729, 22с; *Foundations of Physics* **10?** (1986) 27-38

The concept of quantum principle is introduced as a principle whose formulation is based on specific quantum ideas and notions. We consider three such principles, viz. those of quantizability, local gauge symmetry, and supersymmetry, and their role in the development of the quantum field theory (QFT). Concerning the first of these, we analyze the formal aspects and physical contents of the renormalization procedure in QFT and its relation to ultraviolet divergences and the renormgroup. The quantizability principle is formulated as an existence condition of a self-consistent quantum version with a given mechanism of the field interaction. It is shown that the consecutive (from a historical point of view) use of these quantum principles puts still larger limitations on possible forms of field interactions.

1986

123. Квантовая теория поля, в сб. Научное Сотрудничество Соц. Стран в ядерной физике, М., Энергоатомиздат, 1986, 40-5.

Краткий обзор вклада Н.Н. Боголюова и его учеников в новейшее развитие современной квантовой теории поля.

124. Теория взаимодействий частиц, М. Наука, 1986, 9 п.л., (В.В. Белокуров)

Книга содержит изложение истории развития и современного состояния теории взаимодействия элементарных частиц. Основная задача книги — дать картину развития квантовой теории поля в виде, доступном для физиков, не работающих в этой области. Наряду с очерком хронологического развития основных представлений дано изложение теории перенормировок и ренормгруппы, калибровочных теорий, модели электрослабых взаимодействий и квантовой хромодинамики, новейших областей исследования, связанных с объединением всех взаимодействий и суперсимметрией. (Для студентов, аспирантов и научных работников различных физических специальностей.)

– Американский перевод книги: *The Theory of Particle Interactions*, (Amer. Inst. Phys., N.Y., 1991), 126 pp.

– Перевод на испанский язык: *Guia de la Teoria Cuantica de Campos*, URSS, Moscu 1997, 198pp, [28 Nov '96]

125. Компьютеры в теоретической физике, Сообщение ОИЯИ Р2-86-848, 1986, 22с; (В.П.Гердт и М.Г.Мещеряков)

Работа, написанная по материалам доклада двух ее авторов (М.Г.М. и Д.В.Ш.) на 60-й сессии Ученого совета ОИЯИ 5 июня 1986 г., содержит обзор применений машинной математики в исследованиях по теоретической и математической физике, проводимых в ОИЯИ. Даются рекомендации по дальнейшему развитию центрального вычислительного комплекса (ЦВК) в целях его соответствия программе развития теоретических исследований в ближайшей пятилетке.

126. Памяти Эрнеста Штюкельберга, *УФН* **150** (1986) 171-2, *Sov. Phys. Uspekhi* **29** (1986) 896. (Н.Н.Боголюбов, А.А.Логунов, Б.В.Медведев)

1987

127. Ренормгруппа в современной физике, в сб. *Совещание "Ренормгруппа-86"* (труды конференции в Дубне), изд.ОИЯИ Д2-87-123, 1987, с 9-23 Renormalization groups used in diverse fields of theoretical physics are considered. The discussion is based upon functional formulation of group transformations. This attitude enables development of a general method by using the notion of functional self-similarity which generalizes the usual self-similarity connected with power similarity laws.

From this point of view we present a simple derivation of the renorm-group (RG) in QFT "liberated" from ultra-violet divergences philosophy, discuss the RG approach in other fields of physics and compared "different" RG's.

– То же на англ. яз. : Renormalization Group in Modern Physics, *Intern. J. Mod. Physics A* **3**, 1321-41 (1988); in *Renormalization Group*, WS Singapore, 1988, 1-32.

128. Международное Совещание "Ренормгруппа-86" *УФН* **152** (1987) 541-3; *Sov. Phys. Uspekhi* **30** (1987) 654. , (Д.И.Казаков)

Краткая информация о международном совещании, прошедшем в Дубне в августе 1986 г.

129. П.А.М.Дирак и становление представлений квантовой теории поля, *УФН* **153** (1987) 59-104; *Sov. Phys. Uspekhi* **30** (1987) 791-815. (Б.В.Медведев)

Исторический обзор развития квантовой теории поля от конце 20х гг до наших дней с акцентом на основополагающие вклады Дирака. Содержит аннотированный список литературы.

This paper celebrates a double anniversary. In 1987, P.A.M.Dirac (1902–1984) would have been 85 years old and in addition it was 60 years ago that Dirac's paper on "The quantum theory of emission and adsorbtion of radiation"appeared. That paper laid the foundation for modern quantum field theory. The appearance and evolution of the basic concepts and representations of quantum field theory are presented here more from a logical than a historical aspect. Special note is taken of the important role played by Dirac in this processes.

130. Новый метод теоретической физики, в сб. *Наука и Человечество*, изд. Знание, М. 1987, 127-39.

Популярный рассказ о новом методе теоретических исследований - методе ренормализационной группы.

Квантовые поля, Виртуальные процессы, Поляризация вакуума, Эффективный заряд, Ренормгруппа в квантовой теории поля, Ренормгруппа в теории переноса, Функциональная автомодельность, Сущность метода ренормгруппы, Слабость сильных взаимодействий, Великое объединение взаимодействий, Другие области применения.

131. Совещание Ренормгруппа-86 – труды конференции в Дубне в августе 1986 г., изд.ОИЯИ Д2-87-123, 1987, 29,7 п.л. Редактирование
– То же на англ. яз. Renormalization Group, WS Singapore, 1988 408pp

1988

132. Gauge dependence of Ultraviolet Behavior in Perturbative QCD, *JINR Rapid Comm.*, No 3(29), 1988, 18-25 (О.В. Тарасов)

The short review of the results exposed in detail in paper No. 133.

1989

133. Gauge Dependence of UV Behavior in Perturbative QCD, in *Quarks-88* Eds. A, Tavkhelidze et al., WS, Singapore, 1989, pp 11-23; (O.V. Tarasov)

Effective running coupling of QCD $\bar{\alpha}_s$ can generally depend on the gauge parameter a . In this paper the results of renormalization group (RG) analysis of several MOM-schemes with this dependence are presented. It is shown that for some cases gauge dependence can essentially influence the ultraviolet behavior of $\bar{\alpha}_s$ and, particularly, destroy the asymptotic freedom property. In this connection we discuss the gauge invariance of RG improved perturbative QCD as well as reasons of its possible violation for physical matrix elements.

134. Применение систем для аналитических вычислений в физике высоких энергий, в сб. *Применение ЭВМ в физических исследованиях – Труды Межд. Школы в Дубне*, изд. ОИЯИ Д10-89-70, 134-78, (В.П.Гердт и О.В.Тарасов).

Продолжение и развитие обзора № 95, покрывающее развитие машинной алгебры и ее применений за 80-ые годы. Лит-ра: 86 наим.

135. Gauge Dependence of Perturbative QCD Predictions, in *Proceed. 24 Intern. Conf. on HEP*, Eds. R.Kotthaus, J.Kuhn, Springer, Berlin, 1989, 763-7. (R.Raczka)

Gauge dependence of RG-improved perturbative QCD results is studied on the basis of coupled system of nonlinear differential equations for running coupling $\bar{\alpha}_s$ and running gauge \bar{a} in two-loop approximation. It is shown that gauge dependence can essentially influence UV asymptotic behaviour of $\bar{\alpha}_s$ and even destroy its asymptotic freedom. Possible implications of this phenomena are discussed.

136. Инвариантность-Автомодельность-Ренормгруппа, в сб. *Принцип инвариантности и его приложения* Изд. АН АрмССР, Ереван, 1989, сс 457-63

Текст доклада на конференции в Бюракане в 1986 г. Адресован математикам – прикладникам. Содержит элементарное введение в групповую природу ренормализационной группы, иллюстрированное примерами из классической физики. Устанавливает связь ренорм-групповой симметрии с принципом инвариантности Амбарцумяна и со степенной автомодельностью.

137. Николай Николаевич Боголюбов – к 80-летию со дня рождения, *УФН* **159** 715-6 (1989); *Sov. Phys. Uspekhi* **32** (1989) 715. (12 соавторов)

1990

138. In Praise of Quantum Fields, ICTP preprint IC/89/243; in *Selected Topics in Statistical Mechanics*, Eds. A.Logunov et al., WS, Singapore, 1990; 238-54.

A comprehensive discussion of several topics vital for the structure of a modern Quantum Field Theory is discussed, namely: physical content of the notion of a Quantum Field; Meaning of infinite renormalization; Renormalizability as quantizability; The influence of several principles of quantum

nature (quantizability, gauge dynamics, supersymmetry) on quantum fields dynamics; Main trends of QFT evolution; Present status of QFT and its frontier role in physics.

139. Nonlocal Renormalization Stopping the Running Gauge, JINR preprint E2-89-288 [27 IV '89]; *Nucl. Phys.* **B332** (1990) 425-32 [19 V '89].

A general modification of renormalization schemes in gauge quantum field theories, that fixes a running gauge parameter $\bar{a}(Q^2) \rightarrow a = const$ is proposed. It is based on nonlocal counter-terms $\Delta L = \{f(\square)(\partial B)\}^2/2a$. The resulting simplification of the renormgroup analysis in gauge-dependent QCD destroys the threats to the asymptotic freedom that have recently been observed in several MOM schemes. The nonlocality of the counter-terms used is of a formal type as these can be absorbed by a gradient transformation of the vector potential B_μ . Analysis of this transformation reveals a singularity at the point $a = 0$.

140. Калибровочная зависимость ультрафиолетового поведения в пертурбативной КХД, *Яд. Физ.* **51** (1990) 1380-8 *Sov. J. Nucl. Phys.* **51** (1990) 877, (О.В. Тарасов)

Работа содержит детали вычислений по анализу калибровочных зависимостей двухпетлевого ренормгруппового приближения КХД в нескольких наиболее употребительных схемах моментных вычитаний. Показано, что в ряде общепотребительных случаев калибровочная зависимость существенно влияет на ультрафиолетовое поведение эффективной связи $\bar{\alpha}(Q^2)$, и в частности может приводить к утрате асимптотической свободы для $\bar{\alpha}(Q^2)$. Обсуждены возможные следствия этого феномена для физических величин.

141. The Evolution of Quantum Field Theory, *Ann.d.Phys.*, 7 Folge, **47**, Heft 1/2, 230-44, 1990

A review of concepts and principles defining the structure of the theory of fundamental interactions in the microcosm: Physical content of the notion of Quantum Field; The influence of principles of renormalisability, quantum dynamics and supersymmetry on the structure of QFT; Present status and problematics of the particle-interaction theory.

142. Квантовая Теория Поля, в *Физической Энциклопедии* т.2, изд БСЭ, М., 1990, 300-8; (Б.В.Медведев)

Обзор развития теории квантовых полей за 60 лет.

143. *Физическая Энциклопедия*, т.1,2 - редактирование и мелкие статьи. Издат. "Советская Энциклопедия" Москва, 1988-90

1991

144. New perturbative approach to general renormalizable quantum field theories, Preprint TIFR/TH/90-19, Bombay, 1990; *Intern. J. Mod. Phys.* **A 6**, (1991) 3381-97; (V. Gupta and O.V. Tarasov)

We develop further the new approach to perturbation theory for renormalizable quantum field theories (proposed some years ago) which gives renormalization-scheme-independent predictions for observable quantities. We call the resulting REnormalization-Scheme-Independent PErturbation theory RESIPE, for short.

First, we formulate explicitly the relation of RESIPE to the renormalization group formalism for the massless one-coupling case. Then we extend this to the case where particle masses cannot be neglected. Further, we generalize the RESIPE formalism for the theory with two couplings. A new scheme-invariant perturbation expansion, without reference to the RG techniques, is given which is valid for the general case with masses, several kinematic variables and more than one coupling constant. In conclusion, we argue that the appropriately generalized RESIPE provides us with a picture of perturbation predictions, for renormalizable quantum field theories, that is free from regularization and renormalization scheme ambiguities.

145. Symbolic and Formula Processing in HEP, in *Computing in High Energy Physics* Eds. Y. Watase, F. Abe, (Proceed. of CHEP-91, Tsukuba, March 1991), Universal Acad. Press, Tokyo, 1991,373-82; (V.P. Gerdt and O.V. Tarasov)

This review contains a short description of computer algebra software and its application for formula processing in HEP. We start with general description of general-purpose computer algebra systems. Then we specify those ones which are important for particle physics and conclude with several bright examples of CAS use in the modern HEP.

146. * *Computer Algebra in Physical Research*, WS, Singapore, 1991

Редактирование сборника докладов Конференции

1992

147. Выступление на общем собрании АН СССР, *Вестник АН СССР*; № 1, 1992, сс 45-6;

148. Several topics on renorm-group theory, in *Renormalization Group '91*; Eds. D.V. Shirkov, V.B. Priezzhev, WS Singapore (1992) 1-10;

Вступительный доклад на Конференции по Ренормгруппе (Дубна, август 1991). Содержит программу применения метода ренормгруппы в краевых задачах математической физики.

149. Perturbative analysis of general renormgroup solution in a massive case, *Nucl. Phys. B* **371** (1992) 467-81;

General solutions of the renormalization group (RG) functional equations for a massive QFT as formulated by N.Bogoliubov and the present author in terms of a pole mass are considered. We represent them as a power expansion in the coupling constant and study the structure of the expansion coefficients.

Explicit results for the effective coupling and one-argument function in a massive one-coupling case are presented up to four- and three-loop order. Comparing them with an approximate solution of the massive RG differential equations obtained earlier allows us to get an explicit estimate of the accuracy of these solutions. An important consequence is the improvement of a two-loop RG massive solution for one-argument functions, e.g., the propagator amplitude or the moment of the structure function. We discuss also the threshold behavior of this solution and the correspondence between the ultraviolet and threshold properties of perturbation coefficients.

Our investigation was prompted by the problem of explicitly taking into account heavy quark masses in QCD. However, the results obtained are important from a more general point of view for a discussion of the scheme dependence problem in QFT. The method used could also be of interest for RG applications in other fields within the situation with disturbed homogeneity, such as, e.g., intermediate asymptotics in hydrodynamics, finite-size scaling in critical phenomena and the excluded volume problem in polymer theory.

150. Mass and Scheme Effects in Coupling Constant Evolution, Preprint MPI-Ph/92-94, Oct.1992; Published in English in *TMF*, Dec. 1992, **93**, pp. 466-72.

We consider two theoretical aspects of coupling constant evolution: the details of effective coupling behavior in the threshold vicinity and scheme dependence of the Grand Unification description. Our discussion is based upon the Bogoliubov renorm-group formulation and, particularly on a new analytic solution of a system of mass-dependent two-loop RG evolution equations for three effective couplings of the Standard Model.

Accurate analysis of the threshold singularity reveals the effect connected with kinematic details of heavy particle creation resulting in an effective shift of the threshold mass $M \rightarrow M_*$. On the other hand, we demonstrate that the threshold crossing generally changes the subtraction scheme. This means that the appropriate choice of a subtraction scheme is important in discussing the unification criterion.

151. Renormalization Group in Different Fields of Theoretical Physics KEK Report 91-13, Feb 1992, 85p.

Текст 4-х лекций, прочитанных в КЕК в марте 1991 г. Содержит представление боголюбовской ренормгруппы как группы функционального самоподобия (автомодельности), обобщающего степенную автомодельность, хорошо известную в математической физике. Дается обзор распространения ренормгрупповых представлений на другие области теоретической физики. Эффективность метода ренормгруппы демонстрируется на простых макроскопических примерах. Подробно разобраны применения РГ в задачах квантовой теории поля.

152. Quantum Field - the only Form of Matter ?, Preprint MPI-Ph/92-54;

– На немецком яз. Quantenfelder – die einzige Form der Materie?, in *Werner Heisenberg als Physiker und Philosoph*, Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg 1993, 269-75.

Discussion is presented of the central role in the modern picture of microcosm of the *Quantum Field* concept, the concept that has taken place of two notions, that of classical wave field and of a point particle. The emphasis is made on the Heisenberg contribution to the process of creation of this concept.

153. Renormalization Group '91, WS, Singapore, 1992 (Редактирование сборника.)

1993

154. Historical Remarks on the Renormalization Group, Munich Preprint MPI-PAE/PTh 55/92; Appendix in the collective monograph *Renormalization From Lorentz to Landau (and Beyond)*, Ed.Laurie M.Brown, Springer-Verlag, N.Y., (1993) pp 167-86.

Ретроспективный обзор. Включает описание боголюбовской формулировки операции перенормировки без контрчленов (R-операция); сравнение трех пионерских вкладов [4], [5] и №№ 4, 9 в открытие ренормализационной группы в КТП и создание 5, 9 метода ренормгруппы (МРГ); ранние приложения МРГ; обзор применений ренормгрупповых представлений в других разделах теоретической физики, а также; общий взгляд на природу ренормгрупповой симметрии в ее связи с функциональной автомодельностью в математической физике.

155. Квантовые поля – 2ое изд. М., "Наука"1993 22 п.л. (Н.Н. Боголюбов).

Второе издание учебника № 100, исправленное и дополненное. Добавлено приложение "Ренормализационная группа"из американского перевода 1983 г.

1994

156. Боголюбовская Ренормгруппа, препринт ОИЯИ P2-94-310;

Первая часть содержит личные воспоминания, связанные с рождением боголюбовской ренормгруппы. (Она частично перекрывается с воспоминаниями, опубликованными в книге Николай Николаевич Боголюбов — математик, механик, физик см № 159). Затем излагается история открытия ренормгруппы в квантовой теории поля и создания метода ренормгруппы в середине 50-х годов. В третьей части дан беглый обзор последующего использования идей этого метода в различных областях теоретической физики. В заключении обсуждаются некоторые перспективы современного развития метода РГ и его приложения к широкому кругу задач математической физики.

157. Боголюбовская Ренормгруппа, *Успехи Мат. Наук*, **49**, (1994) 1 47-64; The Bogolubov Renormalization Group, *Russian Math. Surveys*, **49**:5 (1994) 155-176.

Журнальная публикация работы № 156 и ее перевод в британской версии журнала. По небрежности редакции появились многочисленные ошибки в цитировании, а английский перевод, помимо того, содержит искажения в терминологии.

158. Mass dependent α_s evolution and the light gluino existence, Bielefeld Univ. Preprint BI-TP 93/75, E2-93-336; *Z.Phys.C* **63** (1994) 463-9. (S.V. Mikhailov)

There is an intriguing discrepancy between $\alpha_s(M_Z)$ values measured directly at the CERN Z_0 -factory and low-energy (at few GeV) measurements transformed to $Q = M_{Z_0}$ by a massless QCD $\alpha_s(Q)$ evolution relation. There exists an attempt to reconcile this discrepancy by introducing a light gluino \tilde{g} in the MSSM.

We study in detail the influence of heavy thresholds on $\alpha_s(Q)$ evolution. First, we construct the "exact" explicit solution to the mass-dependent two-loop RG equation for the running $\alpha_s(Q)$. This solution describes heavy thresholds smoothly. Second, we use this solution to recalculate anew $\alpha_s(M_Z)$ values corresponding to "low-energy" input data.

Our analysis demonstrates that using *mass-dependent RG procedure* generally produces corrections of two types: Asymptotic correction due to effective shift of threshold position; Local threshold correction only for the case when input experiment lies in the close vicinity of heavy particle threshold: $Q_{expt} \simeq M_h$

Both effects result in the effective shift of the $\alpha_s(M_Z)$ values of the order of 10^{-3} . However, the second one could be enhanced when the gluino mass is close to a heavy quark mass. For such a case the sum effect could be important for the discussion of the light gluino existence as it further changes the \tilde{g} mass.

159. Воспоминания об Н.Н. - в сб. Н.Н. Боголюбов - математик, механик, физик, Изд ОИЯИ, сс 180-97

Личные воспоминания о Н.Н. Боголюбове, начиная с конца 40х и до середины 50х гг. Включает несколько эпизодов, связанных с написанием нашей большой книги, рождением метода ренормгруппы, а также с пребыванием в Сарове.

160. * *Физическая Энциклопедия*, тт.3,4 - редактирование и мелкие статьи. Издат. "Большая Российская Энциклопедия М.", 1992-94

161. Bogoliubov Lab. of Theor. Physics, report to 76th session of the JINR Scient. Council. JINR publ. No.94-211, 1994 [01 VI '94].

Официальный годовой отчет. Составлен с участием В.И. Журавлева

1995

162. On Exact Account for Heavy Quark Thresholds in Hard Processes, Lund Preprint LUTP 93-19; *Zeit. Phys.C* **67** (1995) 449-58 (Yu.L. Dokshitzer) .

We study the problem of accurate account for heavy quark threshold effects in hard processes. We employ the direct perturbative Feynman diagram analysis and the Stueckelberg-Bogoliubov massive renormalization group formalism to show that both methods result in the same prescription for the "smooth" mass-dependent QCD effective coupling as an argument of anomalous dimensions that determine the evolution of structure functions (parton distributions). 'By considering a one-loop example, we discuss the difference between our smooth expression and a popular massless one in treating the $\bar{\alpha}_s(Q)$ behavior in the threshold vicinity.

163. Renormalization Group Symmetry and Sophus Lie Analysis, JINR preprint E2-95-186 [12 IV '95]; In: *New Computing Techniques in Physics Research IV* (Proc. 4th Internl. Workshop on Software Engineering, Artificial Intelligence and Expert Systems for HEnergy and NP, April 1995, Pisa, Italy), Eds. B.Denby and D.Perret-Gallix, WS Publ., Co Pie Ltd., 1995, 111-20.; *Intern. J. Mod. Phys. C* **6**, (1995) 503-12;

Кратко обсуждается содержание термина "Ренормализационная группа" в современном его употреблении. Трактую соответствующее свойство решения как симметрию репараметризации, мы связываем его с симметрией автомодельности, хорошо известной в математической физике, и объясняем понятие функциональной автомодельности.

Затем формулируется программа построения регулярного способа обнаружения симметрии ренормгруппового типа в различных задачах математической физики. Такая процедура, основанная на групповом анализе Софуса Ли, позволяет исследовать широкий класс граничных задач для различных типов уравнений. Приведено несколько примеров.

164. Mass Effects in Running Coupling Evolution and Hard Processes, in *Perspectives in Particle Physics*, Eds. D.Klabucar et al., World Sci., 1995, pp 1–13.

We discuss the problem of accurate consideration of heavy quark threshold effects in running coupling evolution and hard processes. We base our analysis on the Stueckelberg-Bogoliubov massive renorm-group (RG) formalism and show that it yields the "smooth" mass-dependent QCD effective coupling $\bar{\alpha}_s(Q, M)$ that has to be used as an argument of anomalous dimensions determining the evolution of structure functions (partons distributions). We present the "exact" explicit solution to the mass-dependent two-loop generalization to the Standard Model case with its three couplings.

Then, by considering a one-loop example, we discuss the quantitative difference between our smooth expression $\bar{\alpha}_s(Q, M)$ and a popular massless one $\bar{\alpha}_s(Q)$ in the heavy threshold vicinity.

Our analysis demonstrates that using the *mass-dependent RG procedure* generally produces corrections of two types:

-Local threshold corrections changing the threshold behavior. They could be important asymptotically for the case when an input experiment lies in close vicinity to the heavy particle threshold.

-Asymptotic correction due to an effective shift of the threshold position;

Both effects could result in the effective shift of the $\bar{\alpha}_s(Q)$ values of an order of 10^{-3} . However, the second one could be enhanced if there exists a light gluino with mass close to a heavy quark (*c or b*) one. For this case, the sum effect could be important for the discussion of the light gluino existence.

165. Выступление на общем собрании Российской АН, *Вестник Российской Академии Наук*; № 8, 1995, сс 616-7;

166. On continuous mass-dependent analysis of DIS data, JINR preprint E2-95-341 [May? ??, '95]; in *Proc. EPSHEP95 Conf.* (Bruxelles, July 1995), Eds. J.Lemonne et al., WS, pp 141-2.

Рассмотрена проблема учета тяжелых кварков в глубоконеупругом рассеянии. Известно, что безмассовые схемы вычитания, например \overline{MS} -схема, не являются физически адекватными в случае, если экспериментальные данные сосредоточены вблизи порогов тяжелых (*b, c*) кварков. С другой стороны, существует техническая проблема непрерывности моментов структурных функций M_n .

Предлагается простая модификация обычного безмассового приближения, которая приводит к более реалистическому непрерывному выражению для $M_n(Q)$ и может быть использована для практического двухпетлевого анализа данных по глубоко неупругому рассеянию.

167. Групповой анализ и ренормгруппа, Сообщение ОИЯИ Р5-95-447, 33 стр (В.Ф. Ковалев, В.В. Пустовалов) [31 X '95]

Обсуждается возможность создания регулярного метода отыскания особого класса симметрий краевых задач математической физики — симметрий ренормгруппового типа. Последние

являются симметриями решений относительно преобразований, вовлекающих не только динамические переменные, но и параметры, входящие в решения как через уравнения, так и через краевые данные.

1996

168. “The Bogoliubov Renormalization Group”, (2nd English printing) Сообщение ОИЯИ E2-96-15 [Feb 6, '96],

Исправленный английский перевод работы № 156. См. комментарий к № 157.

169. К истории лаборатории теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова в сб. 40 лет ОИЯИ, Издат.отдел ОИЯИ, Дубна 1996, сс 224-236. [07 Mar '96??]

Краткий очерк развития и основных научных достижений Лаборатории теоретической физики ОИЯИ за 40 лет ее существования.

170. Analytic QCD running coupling with finite IR behaviour and universal $\alpha_s(0)$ value, JINR Rapid Comm. (Краткие Сообщ. ОИЯИ) No.2[76]-96, 5-10 [Apr. 17.'96]. (I.L. Solovtsov)

As is known from QED, a possible solution to the ghost-pole trouble can be obtained by imposing the Q^2 -analyticity imperative. Here, the pole is compensated by the α non-analytic contribution that results in finite coupling renormalization.

We apply this idea to QCD and arrive at the Q^2 analytic $\bar{\alpha}_s(Q)$. It has a finite IR limit $\bar{\alpha}_s(0)$ which depends only on group symmetry factors via beta-function coefficients. In a one-loop approximation it is equal to $4\pi/\beta_0 \simeq 1.40$. This numerical result turns out to be surprisingly stable with respect to higher order corrections and, hence, bears the feature of universality. On the other hand the IR behaviour of our new analytic solution agrees with recent low energy experimental estimates of the $\bar{\alpha}_s(Q^2)$.

171. Компьютерная Алгебра в научных и инженерных приложениях, Препринт ОИЯИ, P11-96-98, 24с; Программирование, № 6 (1996) 34-47 [15 I '96] (Н.Н. Васильев, В.П. Гердт, В.Ф. Еднерал)

Расширенный текст доклада, представленного на конференции "Инфосфера – 2000" (Москва, ноябрь 1995). В работе обсуждается широкий круг вопросов, связанный с историей развития и применения систем и алгоритмов компьютерной алгебры в науке и инженерно-технической практике.

172. Group analysis and renormgroup symmetries, JINR preprint E5-96-209, [June 17, '96] 31pp; (V.F. Kovalev, V.V. Pustovalov)

Предложен новый подход к построению специального класса симметрий краевых задач — ренормгрупповых симметрий. Описаны различные методы вычисления РГ-симметрий на основе современного группового анализа. Приложения этого подхода к краевым задачам продемонстрированы с помощью простой математической модели.

173. “Continuous Mass-dependent Analysis of the non-singlet DIS Data”, E2-96-285, [July 31, '96] 15pp; hep-th/9604364 (A.V. Sidorov, S.V. Mikhailov)

The issue of an accurate description of the evolution of the nonsinglet structure function moments $M_n(Q)$ near heavy quark threshold is considered. To this aim we propose a simple modification of the standard massless \overline{MS} scheme approach to the next-to-leading QCD analysis of DIS data. We apply it to processing of the modern CCFR data for xF_3 structure function and extract the value of $\alpha_s(M_Z) = 0.108 \pm 0.004$. We check also the consistency of light gluino hypothesis with CCFR data.

174. Foreword and editorship, *Bogoliubov Laboratory, 40 years* (Reprint volume) Издат. отдел ОИЯИ, Дубна 1996. [07 VIII '96]
175. Annual Report, Bogoliubov Lab. of Theor. Physics, JINR publ. № 96-500, Dubna 1996
Годовой отчет БЛТФ. Составлен с участием В.И. Журавлева

1997

176. "On the Early Days of the RENORMALIZATION GROUP", Chapter 14 in *The Rise of the Standard Model* (Proceed. of the 3rd Intern. Symposium on the History of Particle Physics, SLAC, June 1992), Eds. Lillian Hoddeson et al., Cambridge Univ. Press, (1997) 250-8.
Personal reminiscences on the time of creation of renormalization group conception and of renormalization group method in quantum field theory.
177. Renormgroup and Functional Self-similarity, in *Modern Group Analysis VI*, Eds. N.H. Ibragimov, F.M. Mahomed (Proceed. Internatl. Conf. Modern Group Analysis, Johannesburg, Jan 1996), Publ. New Age Internatl. Ltd, New Dehli, ..., pp 257-67.
A simple and general approach to the symmetry that is known as *Renormalisation Group symmetry* is reviewed. It essentially uses a functional formulation of group transformations involving parameters specifying a partial solution of some problem. Treating the underlying solution property as a *reparametrisation symmetry*, we relate it with the self-similarity symmetry and explain the notion of Functional Self-similarity.
We describe the *Renorm-Group Method* as a regular procedure that improves the approximate solution near the singularity.
We review also some recent attempts of constructing a regular approach to discovering RG-type symmetries in different problems of mathematical physics on the basis of Lie group analysis.
178. "Renormalization Group in mathematical physics and some problems of laser optics", E5-97-41; *J. of Nonlinear Optical Physics & Materials* **6** No.4 443-54 (1997) [29 I '97] (V.F. Kovalev)
Текст доклада на конференции, посвященной 70-летию Рема Хохлова. Изложен оригинальный метод построения специального типа симметрий для краевых задач — ренормгрупповых симметрий. Он применен к системе уравнений геометрической оптики. Представлены новые решения задачи о самофокусировке лазерного излучения.
179. "Analytic Model for the QCD Running Coupling with Universal $\bar{\alpha}_s(0)$ value", JINR preprint E2-97-133 [Apr.11,'97]; hep-th/9704333; *Phys.Rev.Lett.* **79** (1997) 1209-12. [28 X '96] (I.L. Solovtsov)
We discuss the new model expression $\bar{\alpha}_{an}(Q^2)$ recently obtained for the QCD running coupling with a regular ghost-free behavior in the "low Q^2 " region. Being deduced from the standard "asymptotic-freedom" expression by imposing the Q^2 -analyticity — without any adjustable parameters — it obeys nice features: 1) The universal limiting value $\bar{\alpha}_{an}(0) = 4\pi/\beta_0 \approx 1.4$ expressed only via group symmetry factors and independent of experimental estimates on the running coupling $\bar{\alpha}_{an}(Q^2)$ (of QCD scale parameter Λ). This value turns out to be stable with respect to higher order corrections; 2) Stability of IR behavior with respect to higher-loop effects; 3) Coherence between the experimental $\bar{\alpha}_{an}(M_\tau^2)$ value and integral information on the IR $\bar{\alpha}_{an}(Q^2)$ behavior as extracted from jet physics data.
180. "Continuous Mass-dependent Analysis of the Non-singlet xF_3 CCFR Data", (A.V. Sidorov, S.V. Mikhailov) hep-ph/9707514; [QI= 2]

181. Renormalization Group '96, JINR Publ., Dubna 1997, [21 Aug '97].
Редактирование сб. докладов Конференции "Ренормгруппа – 96" (Дубна, август 1996).
182. "The Role of Renormalization Group in Fundamental Theoretical Physics", in *Renormalization Group '96*; Eds. D.V. Shirkov, D.V. Kazakov & V.B. Priezzhev, JINR Publ., Dubna 1997, pp 1-10 [21 Aug '97].
General aspects of fundamental physics are considered. We comment the Wigner's logical scheme and modify it to adjust to modern theoretical physics. Then, we discuss the role and indicate the place of renormalization group in the logic of fundamental physics.
183. Annual Report, Bogoliubov Lab. of Theoretical Physics, JINR publication No.97-392, Dubna 1997 [24 Dec '97]
Официальный годовой отчет. Составлен с участием В.И. Журавлева

1998

184. "Group analysis and renormgroup symmetries", - hep-th/9706056; *Journ. of Math. Phys.* **39** 1070-88 (1998) [] (V.F. Kovalev, V.V. Pustovalov)
The modified version of paper № 172.
185. "On the Analytic 'Causal' Model for the QCD Running Coupling", *Nucl.Phys.B* (Proceed.Suppl.) (1998) **64** 106-109. hep-ph/9708480 [CI= 15]
[Contribution to the Proceed. of 1997 Montpellier QCD-25 Conference] We review the model $\bar{\alpha}_{an}(Q^2)$ recently proposed for the QCD running coupling $\bar{\alpha}_s(Q^2)$ on the basis of the "asymptotic-freedom" expression and on causality condition in the form of the Q^2 -analyticity. The model contains no extra adjustable parameters and obeys several important features – see Abstract of the paper № 179.
In conclusion we discuss a possible connection of the feeble scheme dependence with the absence of UV divergencies.
186. "Renormalization scheme dependence in analytic approach to perturbative QCD", *Phys. Lett. B* **442** (1998) 344-348 [28 XI 97]; hep-ph/9711251; (I.L. Solovtsov)
We further develop the approach recently used to construct an analytic ghost-free model for the QCD running coupling based on the requirement of the Q^2 -analyticity and apply it to the process of e^+e^- annihilation into hadrons to study the renormalization scheme dependence of the $R(s)$ cross-section ratio.
By transforming the relevant QCD corrections up to the three-loop level into the "analytized" form we show that the $R_{AA}(s)$ expression thus obtained is remarkably stable (as compared to the conventional perturbative approach) with respect to the renormalization scheme dependence for the whole low-energy region.
- 176a. "The Role of Renormalization Group in Fundamental Theoretical Physics", [21 Aug '97]; *Intern. J. Mod.Phys. B* **12** (1998) 1247-53, hep-th/9709156
Журнальная публикация работы № 176.
- 16a. "Synthetic Kernel Method for Neutron Diffusion in Hydrogenous Media", in *In the Intermissions ...* Ed. Yu.A.Trutnev, WS, 1998, pp 143-147.
Ретроспективная перепечатка работы № 16 из *Physics and Heat Technology of Reactors*, Suppl No.1 of the *Soviet J. of Atomic Energy* – ATOMNAYA ENERGIYA, Cons. Bureau Inc., N.Y., 1958, pp 45-48.

1999

187. “Renorm-group, Causality and Non-power Perturbation Expansion in QFT”, E2-98-311, hep-th/9810246; *Теор. Мат. Физика* **119** (1999) No.1, 55-66; *TMP*, **119** (1999) 438.

The structure of the QFT expansion is studied in the framework of a new “Invariant analytic” version of the perturbative QCD. Here, an invariant coupling $a(Q^2/\Lambda^2) = \beta_1 \alpha_s(Q^2)/4\pi$, is transformed into a ‘ Q^2 -analytized’ coupling $a_{\text{an}}(Q^2/\Lambda^2) \equiv \mathcal{A}(x)$, which, by construction, is free of ghost singularities due to incorporating some non-perturbative structures.

Meanwhile, the “analytized” perturbation expansion for an observable F , in contrast with the usual case, may contain specific functions $\mathcal{A}_n(x) = [a^n(x)]_{\text{an}}$, the “ n -th power of $a(x)$ analytized as a whole instead of $(\mathcal{A}(x))^n$ ”. In other words, the perturbation series for $F(x)$, due to analyticity imperative, may change its form turning into an *asymptotic expansion à la Erdélyi over a non-power set* $\{\mathcal{A}_n(x)\}$. We analyse sets of functions $\{\mathcal{A}_n(x)\}$ and discuss properties of non-power expansion arising with their relations to feeble loop and scheme dependence of observables.

The issue of ambiguity of the invariant analytization procedure and of possible inconsistency of some of its versions with the RG structure is also discussed.

188. Non-power “Spectral” Perturbation Expansion in QFT, *Lett. Math. Phys.* **48** (1999) 135-144;

We shortly report on fresh results on the perturbation expansion structure in the framework of an “Analytic version” of the perturbative quantum chromodynamics (pQCD). This approach combines the RG symmetry with the Källén–Lehmann analyticity in the Q^2 variable. The procedure of analytization matches this analyticity with the RG invariance by adding into the analytized invariant coupling $\bar{\alpha}_{s,\text{an}}$ some nonperturbative contributions containing no adjustable parameters.

In turn, the new perturbative expansion (the APT expansion) for an observable represents asymptotic expansion over a nonpower set of specific functions $\{\mathcal{A}_n(x)\}$ rather than in powers of $\bar{\alpha}_{s,\text{an}}(x = Q^2/\Lambda^2)$. We analyse this set and show that it obeys different properties in various ranges of the Q^2 variable. In the UV, it is close to the power set $\{[\bar{\alpha}_s(x)]^n\}$ used in the pQCD calculation. However, generally, this set is of a more complicated nature. In the “low Q^2 region” the behavior of $\mathcal{A}_n(x)$ at $n > 2$ is oscillating. Here, the APT expansion has a feature of asymptotic expansion à la Erdélyi.

189. The Bogoluibov Renormalization Group in Theor. and Math. Physics, Proceed. of the 1998 Ringberg symposium “Fields, Particles and Gravitation” (in honour of the W. Zimmermann 70th birthday); JINR preprint E2-99-54; hep-th/9903073

This text follows the line of a talk on Ringberg symposium dedicated to Wolfhart Zimmermann 70th birthday. The historical overview (Part 1) partially overlaps with corresponding text of my previous commemorative paper – see Ref. № 168. At the same time second part includes some fresh results in QFT (Sect. 2.1) and summarize (Sect. 2.4) an impressive recent progress of the “QFT renormalization group” application in mathematical physics.

Этот текст следует докладу на Симпозиуме в Рингберге, приуроченному к 70-летию Вольфхарта Циммермана. Историческое введение частично перекликается с текстом моего предыдущего мемуарного обзора посвященного Боголюбову – см. Сообщение ОИЯИ E2-96-15 (Ref. № 168). В то же время во вторую часть включены некоторые свежие результаты из КТП (раздел 2.1) а также суммированы (раздел 2.4) недавние впечатляющие достижения применения “квантовополевой ренормгруппы” в математической физике.

190. “Унитарный механизм инфракрасного замораживания в КХД с массивными глюонами”; *Яд. Физика*; **62** (1999) 2082-7; The Unitary Mechanism of Infrared Freezing in QCD with massive gluons, *Phys. Atom. Nucl.* **62** (1999) 1928-31; E2-99-54; hep-ph/9903431

A “natural” model for the QCD invariant (running) coupling, free of the IR singularity, is proposed. It is based upon the hypothesis of finite gluon mass m_{gl} existence and, technically, uses an accurate

treating of threshold behavior of Feynman diagram contribution. The model correlates with the unitarity condition. Quantitative estimate, performed in the one-loop approximation yields a reasonable lower bound for this mass $m_{gl} > 150$ MeV and a smooth IR freezing at the level $\alpha_s(Q^2) \simeq 1$.

191. “ e^+e^- annihilation at low energies an analytic approach to QCD”, (I. Solovtsov) hep-ph/9906495 –to be published in Proceed. 1999 Novosibirsk Workshop on “ e^+e^- collisions ...”. Предложена “естественная” модель без ИК сингулярностей для инвариантной (бегущей) константы связи в КХД. Она основывается на гипотезе существования конечной массы глюона, использует последовательный учет вкладов порогового поведения диаграмм Фейнмана и, в однопетлевом приближении, соответствует условию двухчастичной унитарности.

Численная оценка, выполненная в однопетлевом приближении, дает нижнюю границу для массы глюона: $m_{gl} > 170$ МэВ и гладкое ИК замораживание на уровне $\alpha_s(Q^2) \simeq 1$.

192. “Аналитический подход в квантовой хромодинамике”, *ТМФ* **120** No. 3, (Сент. 1999) 482-510, (И.Л. Соловцов)

We begin with short review of the analytic approach (AA) to QCD recently developed and applied to the process of e^+e^- annihilation into hadrons at low energies. Besides summary of the theoretical description of smeared experimental data for the R cross-section ratio we give fresh analogous result for the corresponding Adler function, $D(Q^2)$, and demonstrate excellent agreement between the AA theoretical results and data in the low Q^2 region.

Излагается новая ‘ренорминвариантная аналитическая формулировка’ вычислений в квантовой хромодинамике, в рамках которой ренормгрупповое суммирование коррелируется с аналитичностью по Q^2 , квадрату переданного импульса. При этом выражения для инвариантного заряда и матричных элементов модифицируются таким образом, что нефизические особенности типа призрачного полюса не появляются вообще, будучи, по построению скомпенсированы дополнительными непertурбативными вкладами. Демонстрируется устойчивость результатов расчетов для ряда физических процессов в рамках новой схемы по отношению к высшим петлевым эффектам и выбору ренормализационного предписания.

В видах применения новой формулировки к характеристикам процессов неупругого лептон-нуклонного рассеяния, структурные функции последнего анализируются на основе общих принципов теории, сконцентрированных в интегральном представлении Йоста–Лемана–Дайсона. Используется нестандартная скейлинговая переменная, которая приводит к модифицированным моментам структурных функций, обладающих аналитическими свойствами Челлена–Лемана по переменной Q^2 . Установлена связь этих ‘модифицированных аналитических моментов’ с операторным разложением.

193. “Функциональная автомодельность и ренормгрупповая симметрия в математической физике”, *ТМФ* **121** No. 1, (Окт. 1999) (В.Ф. Ковалев)

Представлен обзор развития за последние 10 лет исследований, связанных с использованием понятий функциональной автомодельности и ренормгруппы Боголюбова в краевых задачах математической физики. Основное достижение – построение регулярного алгоритма нахождения симметрий ренормгруппового типа с помощью современной теории групп Ли преобразований.

194. “Evolution of the Bogoliubov Renormalization Group”, in *Quantum Field Theory A Twentieth Century Profile* Ed. Asoke A. Mitra, Hind. Book Agency & INSA, 2000?, pp 25-58. We start with a simple introduction into the renormalization group (RG) in quantum field theory and give an overview of the renormalization group method. The third section is devoted to essential topics of the renorm-group use in the QFT. Here, some fresh results are included.

Then we turn to the remarkable proliferation of the RG ideas into various fields of physics. The last section summarizes an impressive recent progress of the “QFT renormalization group” application in mathematical physics.

195. “The Evolution of Bogoliubov Renormalization Group”, *Ukrainian Journ. of Physics*, **45** (2000) 409-424.

We review the evolution of the concept of Renormalization Group (RG) This notion, as it has been first introduced in quantum field theory in mid-fifties, in the N.N. Bogoliubov’s formulation is based upon a continuous symmetry of a solution with respect to transformation involving parameters (e.g., of boundary condition) specifying some particular solution.

We follow the proliferation of QFT RG into other fields of physics and remind that the underlying transformation is closely related to the self-similarity property. It can be treated as a generalization of the latter, the Functional Self-similarity (FS).

Then we turn to the essential progress during the last decade in using the Bogoliubov’s RG concept in mathematical physics. In particular, a short review of a regular approach devised for discovering the RG = FS symmetries with the help of the modern Lie group analysis for boundary value problem formulated in terms of differential equations.

To illustrate this approach effectiveness, we end with its application to the problem of the laser beam self-focusing in a non-linear medium.

196. “The Bogoliubov Renormalization Group in Theor. and Math. Physics”, in *Quantum Field Theory, Proceed. of the Ringberg workshop* (Tegernsee, June 1998, on the W. Zimmermann 70th birthday) Eds. P. Breitenlohner and D. Maison, Springer 2000 157-176; JINR preprint E2-99-54; hep-th/9903073.[CI=3]

The historical overview (Part 1) partially overlaps with corresponding text of my previous commemorative paper – see № 156 in this list. At the same time second part includes some recent results in QFT (Sect. 2.1) and summarize an impressive progress of the “QFT renormalization group” application in mathematical physics.

Этот текст следует докладу на Симпозиуме в Рингберге, приуроченному к 70-летию Вольфхарта Циммермана. Историческое введение частично перекликается с текстом моего предыдущего мемуарного обзора посвященного Боголюбову – см. Сообщение ОИЯИ E2-96-15 (Ref. № 168). В то же время во вторую часть включены некоторые свежие результаты из КТП (раздел 2.1) а также суммированы (раздел 2.4) недавние впечатляющие достижения применения ”квантовополевой ренормгруппы” в математической физике. normalsize

197. Toward the correlated analysis of perturbative QCD, JINR preprint E2-2000-46, hep-ph/0003242 Preliminary version of paper 199. Contains all its essential results.
198. “The π^2 in the s -channel observables”, JINR pub. E2-2000-211, hep-ph/0009106

Исследуется эффект π^2 членов (известный с начала 80х гг) в разложениях теории возмущений для эффективной связи КХД и наблюдаемых в s -канале. Мы напоминаем, что эти члены могут быть собраны в специфические функции — s -канальную функцию связи $\tilde{\alpha}(s)$ и ее эффективные степени $\mathcal{A}_k(s)$ свободные от призрачных особенностей. Затем рассмотрена структура теории возмущений для наблюдаемой и ее переформулировка в виде нестепенного пертурбативного разложения по набору $\{\mathcal{A}_k(s)\}$.

Далее изучается влияние π^2 эффекта на численные значения $\bar{\alpha}_s$, извлекаемые из экспериментов. Важный результат состоит в том, что двухпетлевое приближение, широко используемое в пяти-кварковой $f = 5$ ($10 \text{ GeV} \lesssim \sqrt{s}$) области для анализа формы распределений наблюдаемых содержит систематическую отрицательную

" π^2 ошибку занижающую на 1 – 2 процента извлекаемые значения $\bar{\alpha}_s^{(2)}$. В итоге приближенного учета π^2 в известных данных, мы получили значение параметра $\bar{\alpha}_s(M_Z^2)$, усредненное по области $f = 5$,

$$\langle \bar{\alpha}_s(M_Z^2) \rangle_{f=5} \simeq 0.124.$$

заметно отличающееся от "мирового среднего" (= 0.118.)

We analyze the effect of π^2 -terms in the QCD perturbative expansions for the s -channel effective coupling and observables, the effect known from the 80s. We remind that these terms can be collected into specific functions – strong s -channel coupling $\tilde{\alpha}_s$ and its effective powers $\mathfrak{A}_k(s)$ free of ghost singularities. Further on, we study the structure of perturbation theory for observables and its reformulation in terms of nonpower perturbation expansion over the set $\{\mathfrak{A}_k(s)\}$. Then we discuss the influence of this effect on the numerical values of α_s as extracted from experiments. The main result is that the common two-loop (NLO, NLLA) approximation widely used in the five-quark ($10 \text{ GeV} \lesssim \sqrt{s} \lesssim 170 \text{ GeV}$) region for a shape analysis contains a systematic negative error of a 1–2 per cent order of magnitude for the extracted $\bar{\alpha}_s^{(2)}$. Our physical conclusion is that the $\alpha_s(M_Z)$ value averaged over the $f = 5$ data $\langle \alpha_s(M_Z) \rangle_{f=5} \simeq 0.124$ appreciably differs from the currently accepted “world average” (= 0.118).

2001

199. “Аналитическая теория возмущений для КХД наблюдаемых”, *Теор.Мат.Физ.* **127** (2001) 3-20;

Исследуется связь между свободными от призрачных сингулярностей ренорминвариантными разложениями теории возмущений КХД во времени– и пространственно–подобных областях. Основным средством является “двойное спектральное представление” (подобное представлению для функции Адлера), вытекающее из основных аксиом локальной КТП и связывающее между собой действительные функции в евклидовой и минковской (т.е. времени–подобной) областях.

На этой основе установлено простое соответствие между

– известным с начала 80х гг приемом суммирования π^2 -членов в инвариантную функцию связи $\tilde{\alpha}(s)$ и наблюдаемые КХД во времени–подобной области с

– развитым несколько лет назад Инвариантным Аналитическим Подходом, приводящим к свободным от нефизических сингулярностей “анализированным” инвариантной функции связи $\alpha_{\text{ан}}(Q^2)$ и нестепенным разложениям для наблюдаемых в пространственно–подобной области.

В итоге мы формулируем самосогласованную схему, Аналитическую Теорию Возмущений (АТВ), связывающую между собой ренорминвариантные эффективные функции связи $\alpha_{\text{ан}}(Q^2)$ и $\tilde{\alpha}(s)$, а также нестепенные разложения теории возмущений для наблюдаемых в евклидовой и минковской областях, свободные от нефизических сингулярностей и отличающиеся улучшенной сходимостью в инфракрасной области.

Проведено “глобальное” обобщение новой схемы АТВ на случай реальной КХД, включающий области с различным числом активных кварков.

Предварительные оценки показывают, что вычисления по глобальной АТВ могут приводить к результатам, заметно отличающихся от обычных расчетов для $\bar{\alpha}_s$ даже в пяти-кварковой области. Приведены численные примеры.

“Analytic perturbation theory for QCD observables”, *TMP* **127** (2001) 409-423; E2-2000-298, hep-ph/0012283.

The connection between ghost-free formulations of RG-invariant perturbation theory in the both Euclidean and Minkowskian regions is investigated. Our basic tool is the “dipole spectral representation similar

to the definition of Adler function, that stems from first principles of local QFT. It relates real functions defined in the Euclidean and Minkowskian regions.

On this base we establish a simple relation between

— The trick of resummation of the π^2 -terms (known from early 80s) for the invariant QCD coupling and observables in the time-like region and

— Invariant Analytic Approach (devised a few years ago) with “analyticized” coupling $\alpha_{\text{an}}(Q^2)$ and nonpower perturbative expansion for observables in the space-like domain which are free of unphysical singularities .

As a result, we formulate a self-consistent scheme — Analytic Perturbation Theory — that relates a renorm-invariant, effective coupling functions $\alpha_{\text{an}}(Q^2)$ and $\tilde{\alpha}(s)$, as well as non-power perturbation expansions for observables in space- and time-like domains, that both are free of extra singularities and obey better convergence in the infrared region.

Then we consider the issue of the heavy quark thresholds and devise a global scheme for the data analysis in the whole accessible space-like and time-like domain with various numbers of active quarks.

Preliminary estimates indicate that this global scheme produces results a bit different, sometimes even in the five-flavour region, on a few per cent level for $\bar{\alpha}_s$ – from the usual one, thus influencing the total picture of the QCD parameter correlation.

200. “Fifty years of Renormalization Group”, *CERN Courier* (Sept.2001) 19-22.

201. “The Bogoliubov Renormalization Group and solution symmetry in Math. Physics”, *Phys.Repts.* **352** (2001) 219–249; JINR preprint E2-2000-9, hep-th/0001210. (V.F. Kovalev)

Evolution of the concept known in theoretical physics as the Renormalization Group (RG) is presented. The corresponding symmetry, that was first introduced in Quantum Field Theory (QFT) in the mid-fifties, is a continuous symmetry of a solution with respect to transformations involving the parameters (e.g., that determine boundary condition) which specify particular solutions. After a short detour into Wilson’s discrete semi-group, we follow the expansion of the QFT RG and argue that the underlying transformation, being considered as a reparametrisation, is closely related to the property of self-similarity. It can be treated as its generalization — Functional Self-similarity (FS). Next, we review the essential progress made in the last decade in the application of the FS concept to boundary value problems formulated in terms of differential equations. A summary of a regular approach, recently devised for discovering the RG = FS symmetries with the help of modern Lie group analysis, and some of its applications are given. As the principal physical illustration, we consider the of solution of the problem of a self-focusing laser beam in a non-linear medium.

202. “ Analytic perturbation theory in analyzing some QCD observables”, *Europ. Phys.J. C* **22** (2001) 331-340; hep-ph/0107282 [CI=17]

The pedagogically updated version of paper № 198

The paper is devoted to application of recently devised ghost-free Analytic Perturbation Theory (APT) for analysis of some observables. We start with the discussion of the main problem of perturbative QCD — ghost singularities and with the resume of its resolving within the APT.

By a few examples in the various energy and momentum transfer regions (with the flavor number $f = 3, 4$ and 5) we demonstrate the effect of improved convergence of the APT modified perturbative QCD expansion. Our first observation is that in the APT analysis the three-loop contribution ($\sim \alpha_s^3$) is, as a rule, numerically inessential. This gives raise a hope for practical solution of the well-known problem of asymptotic nature of common QFT perturbation series.

The second result is that a usual perturbative analysis of time-like events with the big π^2 term in the α_s^3 coefficient is not adequate at $s \leq 2 \text{ GeV}^2$. In particular, this relates to τ decay.

Then, for the “high” ($f = 5$) region it is shown that the common two-loop (NLO, NLLA) perturbation approximation widely used there (at $10 \text{ GeV} \lesssim \sqrt{s} \lesssim 170 \text{ GeV}$) for analysis of shape/events data contains a systematic negative error of a 1–2 per cent level for the extracted $\bar{\alpha}_s^{(2)}$ values. Our physical conclusion is that the $\alpha_s(M_Z)$ value averaged over the $f = 5$ data appreciably differs $< \alpha_s(M_Z) >_{f=5} \simeq 0.124$ from the currently accepted “world average” (= 0.118).

203. “Аналитический подход в квантовой хромодинамике”, *ЭЧАЯ* **32** (2001) 97–102, (И.Л.Соловцов)

2002

204. D.V. Shirkov, “Analytic perturbation theory and New Analysis of some QCD observables”, in *2001 QCD and High Energy Hadronic Interacton* (Proceed. of the XXXVth Rencontres de Moriond) Ed. Jean Tran Than Van, THE GIOI Publ. Vietnam 2002, pp 137-141; hep-ph/0105317.

Here, we report briefly two topics:

- 1) The latest version of “Analytic Perturbation Theory”(APT) devised recently for the QCD observables both in the Euclidean and Minkowskian regions.
- 2) Results of the APT-based calculation for some physical processes.

205. D.V. Shirkov, “On the QCD coupling behavior in the IR region”, *Theor. Math. Phys.* **132** (2002); 1307-1317, *ТМФ* (2002) 486-496; hep-ph/0208082

The summary of nonperturbative results for the QCD invariant coupling $\bar{\alpha}_s$ obtained by numerical lattice simulations for the path integral and by solution of the approximate Dyson–Schwinger equations reveals a remarkable variety of IR behaviors of $\bar{\alpha}_s(Q^2)$ even at the qualitative level. In turn, this raises the question of the correspondence between the results obtained by different groups. We analyze this issue in terms of mass-dependent coupling-constant transformations and conclude that the problem of the IR behavior of the effective QCD coupling and of propagators is not well defined and requires a further clarification.

Обзор непертурбативных результатов для эффективной функции связи КХД $\bar{\alpha}_s$, получаемых методами численных симуляций континуального интеграла на решетке и решения приближенных уравнений Швингера–Дайсона, обнаруживает замечательное разнообразие поведения $\bar{\alpha}_s(Q^2)$ в инфракрасной области, даже на качественном уровне. В свою очередь, это поднимает вопрос о соответствии результатов, находимых различными группами авторов. Эта ситуация рассматривается с привлечением зависящих от массовой переменной преобразований константы связи, сделан вывод о том, что задача инфракрасного поведения эффективной функции связи, а также пропагаторов, в КХД покамест не является достаточно хорошо определенной и ее постановка требует дальнейшего уточнения.

2003

206. “The QCD coupling behavior in the Infrared Region”, in *Diffraction 2002*, Eds. R.Fiore et al., Kluwer Ac.Pub. 2003, pp. 277-279.
207. “The QCD coupling behavior in the Infrared Region and its Fourier Transformation”, in *Multiparticle Dynamics*, Eds. A.Sissakian et al., WS 2003, pp 190-194.
208. D.V. Shirkov, “К Фурье Преобразованию Эффективной Функции Связи”, *Теор.Мат.Физ.* **136** (2003) 93-20;

Рассматриваются интегральные преобразования ренорминвариантной (бегущей) функции связи КХД. Особое внимание уделено преобразованию Фурье, т.е. переходу от пространственно-временной картины к представлению энергии-импульса.

Наше первое заключение состоит в том, что условие возможности такого перехода представляет еще один аргумент против реальности существования нефизических сингулярностей, наблюдаемых в пертурбативной КХД.

Второе сводится к способу "перевода" некоторых сингулярных "длинноволновых" асимптотик в инфракрасную область переданных импульсов, которое следует проводить с учетом теоремы Таубера. Это замечание имеет отношение к недавним результатам по асимптотическому поведению эффективной функции связи КХД, полученным коллаборацией АЛЬФА на основе численных решеточных симуляций.

“On the Fourier transformation of Renormalization Invariant Coupling”
, *TMP* **136** (2003) 893-907; hep-ph/0210113.

Integral transformations of the QCD invariant (running) coupling and of some related objects are discussed. Special attention is paid to the Fourier transformation, that is to transition from the space-time to the energy-momentum representation.

The conclusion is that the condition of possibility of such a transition provides us with one more argument against the real existence of unphysical singularities observed in the perturbative QCD. The second one results in a technical comment on the way of "translation" of some singular long-range asymptotic behaviors to the infrared momentum region. It relates to the recent ALPHA collaboration results on the asymptotic behavior of the QCD effective coupling obtained by lattice simulation.

2004

209. D.V. Shirkov, **“Nonpower Expansions for QCD Observables at Low Energies”**
Nucl.Phys.Proc.Suppl.152:51-56,2006. hep-ph/0408272 (Montpellier, QCD 2004 Aug 2004)

A comprehensive review is presented of the progress made in further developing the ghost-free Analytic Approach to low-energy QCD since “QCD-97” meeting. It is now formulated as a logically closed “Analytic Perturbation Theory” algorithm. Its most essential feature is nonpower functional expansions for QCD observables.

Nonpower expansion functions are oscillating in the low energy domain, where the QCD coupling is not weak. This effect suppresses the influence of higher-loop contributions that, in turn, diminishes the scheme dependence and improves the convergence property of perturbative expansion for observables.

210. D.V.Shirkov, **“Non-Power Expansions for QCD observables”**

In the context of correlation of various non-perturbative results for low-energy QCD, we study correspondence between coupling-constant transformations, thereby induced transformations of effective couplings and Linear Integral Transformations (LIT) of effective coupling; in particular transition from Euclidean invariant coupling $\bar{\alpha}_E(Q)$ to the Minkowskian $\tilde{\alpha}_M(s)$ and to the "Distance" $\alpha_D(r^2)$ ones:

$$\bar{\alpha}_E(Q^2) \rightarrow \tilde{\alpha}_M(s) = \int_{\Gamma_s} \bar{\alpha}_E(z) \frac{dz}{z} \rightarrow \alpha_D(r^2) = r \int_0^\infty \sin(rQ) \bar{\alpha}_E(Q^2) dQ .$$

These transformations change the form of functional expansion for an observable. Indeed, via LITs of $\bar{\alpha}$ powers $[\bar{\alpha}_s(Q)]^n \rightarrow \mathfrak{A}_n^M(s) \rightarrow \mathcal{A}_n^E(Q^2) \rightarrow \mathfrak{N}_n^D(r)$ we obtain non-power sets

of functions $\{\mathfrak{A}_n^M\}$, $\{\mathcal{A}_n^E\}$, $\{\mathfrak{N}_n^D\}$ (with, e.g., $\mathfrak{A}_n^M(s) \neq [\mathfrak{A}_1^M(s)]^n$) and at the very end **Non-Power Expansions for Observables**

$$\sum_n r_n [\bar{\alpha}_s(Q)]^n \rightarrow \sum_n r_n \mathfrak{A}_n^M(s) \rightarrow \sum_n r_n \mathcal{A}_n^E(Q^2) \rightarrow \sum_n r_n \mathfrak{N}_n^D(r).$$

Thus, LIT transform the usual power functional expansions into non-power ones.

Hence, principally, non-power perturbative functional expansions are more natural than the power ones. Moreover, practically, they provide us with more quick convergence. We conclude with few positive illustrations of the last thesis.

2005

211. D.V. Shirkov, “QCD Effective Couplings in Minkowskian and Euclidean Domains” in AIP Conf.Proc. 806:97-103,2006. (Conversano 2005, Quantum chromodynamics) hep-ph/0510247

Аннотация

We argue for essential upgrading of the defining equations (9.5) and (9.6) in Section 9.2. "The QCD coupling ... " of PDG review and their use for data analysis in the light of recent development of the QCD theory. Our claim is twofold. First, instead of universal expression (9.5) for $\bar{\alpha}_s$, one should use various ghost-free couplings $\alpha_E(Q^2)$, $\alpha_M(s)$... specific for a given physical representation. Second, instead of power expansion (9.6) for observable, we recommend to use nonpower functional ones over particular functional sets $\{\mathcal{A}_k(Q^2)\}$, $\{\mathfrak{A}_k(s)\}$... related by suitable integral transformations. We remind that use of this modified prescription results in a better correspondence of reanalyzed low energy data with the high energy ones.

212. D.V. Shirkov, “On the QCD coupling behavior in the infrared region”

The summary of nonperturbative results for the QCD invariant coupling $\bar{\alpha}_s$ obtained by lattice simulations for functional integral and by solution of approximate Dyson–Schwinger equations reveals a puzzling variety of IR behavior of $\alpha_s(Q)$ even on a qualitative level. This, in turn, rises a question of correspondence between the results obtained so far by different groups.

We analyze this issue in terms of mass-dependent coupling constant transformations and conclude that the question of the IR behavior of effective QCD coupling and of propagators is not a well-defined one, and needs to be more specified.

213. D.V. Shirkov, V. F. Kovalev, “Renorm-group symmetry for functionals of boundary value problem solutions” (Conf.“RG 2005”, Helsinki, 30 Aug - 3 Sep 2005), J.Phys.A 39:8061-8073, 2006. (see also extended version “Renorm-group symmetry for solution functionals”, in math-ph/0508055.)

Аннотация

The report reviews the recent advances in generalization of the renormgroup algorithm for boundary value problems of mathematical physics and related concept of the renormgroup symmetry, formulated earlier by authors with reference

to models based on differential equations. These algorithm and symmetry are formulated now for models with non local (integral) equations. We illustrate by examples applications of the generalized algorithm to models with not local terms which appear as linear functionals of the solution.

214. D.V. Shirkov,

2006

215. Shirkov D.V. and Solovtsov I.L., “Analytic Perturbation Theory in QCD: Ten years of history” in Bogoliubov Laboratory 50 years Publ. JINR Dubna 2006, Ed. D.V. Shirkov, pp.52-72

Аннотация

216. Kovalev V.F. and Shirkov D.V., “Renormalization Group Symmetries in Mathematical Physics”, in Bogoliubov Lab 50 years Publ. JINR Dubna 2006, Ed. D.V. Shirkov, pp. 252-263

Аннотация

217. D.V. Shirkov, “Analytic Perturbation Theory Model for QCD and Upsilon Decay”, Nov 2006. 9pp. Nucl.Phys.Proc.Suppl. **162**:33-38,2006. hep-ph/0611048

Аннотация

An elegant and more precise formula for the 3-loop perturbative QCD coupling is discussed. It improves the common expression (e.g., canonized by PDG) in few GeV region. On its base, we propose simple analytic Model for ghost-free QCD running couplings and their effective powers within the Analytic Perturbation Theory, in both the space-like (Euclidean) and time-like (Minkowskian) regions, very accurate in the range above 1 GeV. Effectiveness of the new Model is illustrated by the example of Upsilon(1S) decay where the standard analysis gives $\alpha_s(M_\Upsilon) = 0.170 \pm 0.004$ value that is inconsistent with the bulk of data. Instead, we obtain $\alpha_s(M_\Upsilon) = 0.185 \pm 0.005$ that corresponds to $\alpha_s(M_Z) = 0.120 \pm 0.002$ that is close to the world average.

218. D.V. Shirkov, “Novel Sets of Expansion Parameters for Feynman Perturbation Theory”, 7 pp, Proc. Crimean Conf. on New Trends in HEP. Eds. P.N. Bogolyubov et al., Kiev 2007, pp 231-237

An elegant and more precise (Denominator) formula for the 3-loop perturbative QCD coupling is discussed. It improves the common expression (e.g., canonized by PDG) in few GeV region. On its base, we propose simple analytic Model for ghost-free QCD running couplings and their effective powers within the Analytic Perturbation Theory, in both the space-like (Euclidean) and time-like (Minkowskian) regions, very accurate in the range above 1 GeV.

Effectiveness of the new Model is illustrated by the example of $\Upsilon(1S)$ decay where the standard analysis gives $\alpha_s(M_\Upsilon) = 0.170 \pm 0.004$ value that is inconsistent with the bulk of data for α_s . Instead, we obtain $\alpha_s^{Mod}(M_\Upsilon) = 0.185 \pm 0.005$ that corresponds to $\alpha_s^{Mod}(M_Z) = 0.120 \pm 0.002$ which is close to the world average.

219. D. V. Shirkov and A. V. Zayakin, “Practical Manual in Analytic Perturbation Theory and Upsilon Decay Analysis” in Proc. 14th Intern’l Seminar “QUARKS 2006” (Repino, May 2006) INR RAS Press, 2007, vol 1, pp.195-205 Eds: S.V. Demidov et al.

Within the ghost-free Analytic Perturbation Theory (APT) simple approximations are proposed for 3-loop analytic couplings and their effective powers, in both the space-like (Euclidean) and time-like (Minkowskian) regions, accurate enough in the large range (1–100 GeV) of current physical interest.

2007

220. D.V. Shirkov and I.L. Solovtsov, “Ten years of the Analytic Perturbation Theory in QCD” Theor.Math.Phys.**150**:132-152,2007.; hep-ph/0611229.

Аннотация

The renormalization group method enables one to improve the properties of the QCD perturbative power series in the UV region. However, it ultimately leads to the unphysical singularities of observables in the infrared domain. The Analytic Perturbation Theory constitutes the next step of the improvement of perturbative expansions. Specifically, it involves additional analyticity requirement which is based on the causality principle and implemented in the Källén–Lehmann and Jost–Lehmann representations. Eventually, this approach eliminates spurious singularities of the perturbative power series and enhances the stability of the latter with respect to both higher loop corrections and the choice of the renormalization scheme. The paper contains an overview of the basic stages of the development of the Analytic Perturbation Theory in QCD, including its recent applications to the description of hadronic processes.

221. D.V. Shirkov, A.V. Zayakin. “Analytic perturb theory for practitioners and upilon decay”. Яд Физика, Phys.Atom.Nucl. **70**:775-783,2007: hep-ph/0512325

В рамках свободной от нефизических особенностей Аналитической теории возмущений (АТВ) предлагаются простые приближения для трехпетлевой функции связи в КХД и ее эффективных степеней, как в пространственноподобной (евклидовой), так и во времениподобной (минковской) областях, достаточно точные в интервале 1-100 ГэВ.

Простота использования новой Модели иллюстрируется на примере повторной обработки распада $\Upsilon(1S)$, где стандартный анализ дает значение $\alpha_s(M_\Upsilon) = 0.170 \pm 0.004$, несогласующееся с основным массивом данных по другим процессам. Вместо этого значения, мы получаем $\alpha_s^{Mod}(M_\Upsilon) = 0.185 \pm 0.005$, соответствующее $\alpha_s^{Mod}(M_Z) = 0.120 \pm 0.002$, что близко к мировому среднему.

Обсуждается вопрос о масштабной неоднозначности, актуальный для Υ распада.

222. M.Baldicchi, A.V.Nesterenko, G.M.Prosperi, D.V.Shirkov, C.Simolo, “Bound state approach to the QCD coupling at low energy scales”. May 2007. 11pp. [hep-ph]0705.0329 Phys.Rev.Lett.**99**:242001,2007.

We exploit theoretical results on the meson spectrum within the framework of a Bethe-Salpeter (BS) formalism adjusted for QCD, in order to extract an “experimental” coupling $\alpha_s^{exp}(Q^2)$ below 1 GeV by comparison with the data. Our results for $\alpha_s^{exp}(Q^2)$ exhibit a good agreement with the IR safe Analytic Perturbation Theory (APT) coupling from 1 GeV down to 200 MeV. As a main result, we claim that the combined BS-APT theoretical scheme provides us with a rather satisfactory correlated understanding of very high and low energy phenomena.

223. D.V. Shirkov and A.V. Zayakin, “Simple Analytic Approximation for 3-Loop Ghost-Free QCD Coupling”,

Processing of data in a few GeV region requires reliable and accurate expressions for QCD running coupling and for its effective powers, free of unphysical singularity. Such expressions, in both the Euclidean and Minkowskian regions, were obtained within the framework of the ghost-free Analytical Perturbation Theory (APT) devised in the last decade. They involve special functions and are rather complicated.

Here, we propose a simple analytic approximation for 3-loop APT analytic couplings and their effective powers which are accurate enough in the range 2–100 GeV

224. D.V. Shirkov, “Analytic Perturbative QCD: From t quark to K meson scale”, 7 pp, Proc. Crimean 2007 Conf. on New Trends in HEP. Eds. P.N. Bogolyubov et al., Kiev 2007, pp 231-237

Аннотация

Short resume of the Conference talk is presented. It comprises a sketch of the current state of perturbative QCD, its Analytic Perturbation Theory modification, and an outline of spectacular recent progress of Analytic pQCD below 1 GeV.

Список литературы

- [1] Н.Н. Боголюбов, *Доклады АН СССР* **81** 757; 1015 (1951) – in Russian.
- [2] Н.Н. Боголюбов, *Известия АН СССР сер. физ.*, **19** 237 (1955) – in Russian.;
- [3] F.Dyson, *Math. Rev.***17** (1956) 441.
- [4] E.C.G.Stueckelberg and A.Peterman, *Helv. Phys. Acta* **26** (1953) 499.
- [5] M.Gell-Mann and F.Low, *Phys. Rev.* **95** (1954) 1300.
- [6] Л.Д. Ландау и И.Я. Померанчук, *Доклады АН СССР* **102** 489 (1955) – in Russian.
- [7] И.Ф. Гинзбург, *Доклады АН СССР* **110** 535 (1956)
- [8] M.M.R. Williams, *The Slowing down and Thermalization of Neutrons*, North-Holl. Publ., 1966; pp 463-7 and 500-5.
- [9] Н.Н. Боголюбов, *Journ. of Phys.* **9** 23 (1947).
- [10] M. Konuma and H. Umezawa, *Nuovo Cim* **4** (1956) 1461.
- [11] P.J.Redmond, *Phys. Rev.* **112** (1958) 1404.
- [12] G.Chew, S.Mandelstam, *Phys. Rev.* **119** (1960) 467.
- [13] L. Castillejo, R.Dalits, F.Dyson, *Phys. Rev.* **101** 543 (1956). L.Castllejo, R.Dalitz, F.Dyson, *Phys. Rev.* **101** (1956) 543.
- [14] K. Huang and F. Low, *ЖЭТФ* **46** 845 (1964); *Sov. Phys. JETP* **19**, 549 (1964).
- [15] G. Wanders, *Helv. Phys. Acta* **39B** 228 (1966).
- [16] J. Hamilton and Woolcock, *Rev. Mod. Phys.* **35** 737 (1963)
- [17] A. Logunov, L. Soloviev, A. Tavkhelidze, *Phys. Lett.* **24B** (1967) 181.
- [18] А.А. Владимиров, Д.И. Казаков и О.В. Тарасов, *ЖЭТФ* **77** 1035 (1979); *Sov. Phys. JETP* **50(3)**, 521 (1979).

3 марта 2016 г.