

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Владимира Александровича Зыкунова
"Радиационные эффекты в современных экспериментах в физике
высоких энергий представленную на соискание ученой степени доктора
физико-математических наук по специальности 01.04.02 -
теоретическая физика.

Основной темой диссертационной работы Владимира Александровича Зыкунова является развитие методов численного вычисления однопетлевых и двухпетлевых диаграмм стандартной модели электрослабого взаимодействия к характеристикам процесса рассеяния поляризованных электронов и позитронов (имеющего название меллеровского рассеяния) и впервые рассмотренного в работе В.А. Матвеева, Р.М. Мурадяна и А.Н. Тавхелидзе процесса рождения мюонных пар в нуклон-нуклонных соударениях (за которым по историческим причинам в литературе закрепилось название процесса Дрелла-Яна). На основании разработанных методов автором созданы программы численного расчета радиационных электромагнитных поправок к асимметрии поляризованного меллеровского рассеяния, уже использовавшиеся при обработке экспериментальных данных коллаборации E-158 (СЛАК, США) и планирующиеся к использованию коллаборацией MOLLER (Национальная лаборатория Джеферсона, США). В. А. Зыкуновым также произведен расчет электрослабых поправок и поправок тормозного излучения фотонов и глюонов для характеристик процесса Матвеева-Мурадяна-Тавхелидзе-Дрелла-Яна (ММТДЯ), которые при больших инвариантных массах лептонной пары планируются к извлечению коллаборацией CMS из экспериментальных данных Большого адронного коллайдера (ЦЕРН, Швейцария), рассматриваемых в настоящее время как фоновые данные для изучения характеристик распадов бозона Хиггса на лептонные пары.

Диссертация состоит из 6 Глав, заключения, списка использованной литературы из 267 работ, списка публикаций автора диссертации, содержащего 61 работу, что безусловно является перебором. Приятно, что автор осознает это сам и разделяет 34 основные публикации в ведущих международных журналах, издаваемых как в России, так и за рубежом, от материалов многочисленных престижных конференций, тезисов и препринтов, упоминание большей части из которых на мой взгляд вполне можно было бы избежать в диссертации.

Из-за перегруженности деталями, диссертация читается очень тяжело. Однако, удается понять, что существенная ее часть базируется на 13 статьях, написанных автором единолично, что безусловно говорит о его высокой квалификации. Приятно также было найти детальное обсуждение научного вклада В.А. Зыкунова в серьезные работы, выполненные в соавторстве с его уважаемыми соавторами.

Подобная корректность к пониманию своего вклада в выполненные с соавторами выжные работы говорит о возможности В.А. Зыкунова в дальнейшем продолжать работу в составе крупных международных коллабораций теоретиков и экспериментаторов, работающих на крупнейших ускорителях мира.

В связи со сделанным замечанием о возникающих трудностях прочтения перепегруженного деталями текста диссертации, позволю себе не описывать ее поглавное содержание и остановлюсь на наиболее актуальных, на мой взгляд, решенных в данной работе проблемах.

В Главе 4 автором разработан оригинальный метод расчета диаграмм Фейнмана в электрослабой теории, дающих вклад в характеристики ММТДЯ процесса. Метод роиллюстрирован подробным рассмотрением расчета однопетлевых прямоугольных диаграмм с одним и двумя промежуточными Z -бозонами. Он основан на эквивалентном преобразовании "прибавить и отнять", использованным ранее в работах Н.Н. Боголюбова и его учеников.

Данное преобразование позволяет автору диссертации выделить характерный вклад от изучаемых диаграмм, дающих наиболее значимый численный эффект в изучаемые сечения при высоких энергиях. продемонстрировано, что при использовании упомянутого преобразования выделяется вклад, который естественным образом разлагается по набору однопетлевых скалярных трех-точечных мастер-интегралов (часть из них выписана и явно вычислена в формулах (4.46) диссертации).

Показано, что разложенный по мастер-интегралам вклад дает малую добавку к наиболее значимому численному вкладу в вычисляемые сечения ММТДЯ процесса, которые определяются первой (прибавленной) частью суммы конкретных диаграмм Фейнмана. Автор вычисляет ее приближенно (см., например, формулу (4.60)), сохраняя члены, значимые в судаковском режиме. Результатами являются компактные выражения, содержащие явно выделенные квадраты судаковских логарифмов и константные поправки, пропорциональные π^2 .

Разработанный новый асимптотический метод позволяет получить удобные для анализа электрослабые поправки с контролируемой точностью из вычисления. Показано, что данный метод применим для расчета не только прямоугольных боксовских диаграмм, но и треугольных вершинных диаграмм.

В Главе 6 метод вычисления лидирующих логарифмических вкладов используется автором для нахождения определяющихся инверсным глюонным излучением КХД подобных вкладов в трижды-дифференциальные сечения ММТДЯ процесса.

К числу физически-важных результатов относятся прецизионные численные расчеты электослабых поправок к наблюдаемым величинам в процессе меллеровского рассеяния поляризованных лептонов, важным для определения синуса угла Вайнберга при невысоких энергиях.

Данный расчет был проведен автором диссертации в коллаборации с физиками из ОИЯИ, Канады, и США. Дополнительные проверки полученных численных расчетов с использованием хорошо известных пакетов программ компьютерной алгебры FeynArts и FormCalc подтвердили правильность проделанных автором диссертации численных расчетов с помощью созданной им программы `gsAPV`, подблоком которой является библиотека мастер-интегралов, вычисленных при применении развитого в диссертации асимптотического метода вычисления диаграмм Фейнмана.

Аналогичный прием использован В.А. Зыкуновым при создании программы `READY` численного вычисления эффектов электрослабого взаимодействия в дифференциальные сечения процесса ММТДЯ. Данная программа была разработана в тесной коллаборации с дубненской группой из RDMS CMS и прошла проверку на надежность при ее сравнении с системой `SANC`, созданной в ОИЯИ (Дубна) группой специалистов под руководством Дмитрия Юрьевича Бардина.

Результаты, полученные в диссертации, являются новыми. Практическая значимость диссертации подтверждается востребованностью результатов и развитых методов несколькими международными коллаборациями теоретиков и экспериментаторов, работающих на Большом адронном коллайдере (ЦЕРН), в лаборатории им. Джеферсона (США) и разрабатывающих научные программы линейных электрон-позитронных ускорителей будущего поколения в Японии и ЦЕРН (Швейцария).

Результаты диссертации прошли апробацию в докладах на многих международных конференциях, среди которых выделяются четыре доклада на крупнейших Международных конференциях по физике высоких энергий (2006-20014) и конференции ACAT-2013 (Китай) и ACAT-2016 (Чили).

Несмотря на обилие публикаций по тематике диссертации (конкретно 61 публикация) считаю, что основные результаты работы полностью изложены в 34 публикациях в рецензируемых журналах, издаваемых в Белоруси, России, ОИЯИ, США, Великобритании, Италии, Голландии и Сингапуре, в нескольких научных изданиях Белоруси и ОИЯИ, а также в четырех препринтах JLAB, SLAC (США) и CERN (конкретно CERN-CMS-NOTE-2006-123).

Автореферат написан хорошо, читается легче, чем диссертация в целом, и правильно отражает ее содержание.

Диссертация Владимира Александровича Зыкунова отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а сам диссертант без сомнения заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.02 - теоретическая физика.

Доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Отдела теоретической физики ИЯИ РАН

05.07.2012 А.Л. Катаев

А. Л. Катаев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской Академии наук
117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 7а, тел.: +7 (499) 135-77-60
e-mail: kataev@ms2.inr.ac.ru

Подпись А.Л. Катаева удостоверяю
ученый секретарь ИЯИ РАН



Д. Селидовкин

Научные работы А.Л. Катаева по тематике диссертации

1. A. L. Kataev (INR RAS and MIPT, Moscow Region) and V. S. Molokoedov (MIPT, Moscow Region) "From perturbative calculations of the QCD static potential towards four-loop pole-running heavy quarks masses relation," INR-TH-2016-010, arXiv:1604.03485 [hep-ph], to be published in the Proceedings of ACAT-2016 Workshop (January 2016, Valparaiso, Chile)
2. G. Cvetic (Santa Maria U., Valparaiso) and A.L. Kataev (INR, Moscow and MIPT, Moscow Region), "Adler function and Bjorken polarized sum rule: Perturbation expansions in powers of $SU(N_c)$ conformal anomaly and studies of the conformal symmetry limit," INR-TH-2016-003, USM-TH-341, arXiv:1604.00509 [hep-ph] Phys.Rev. D (2016) (in press).
3. A. L. Kataev (INR RAS) and V. S. Molokoedov (MIPT, Moscow Region) "Fourth-order QCD renormalization group quantities in the V scheme and the relation of the β function to the Gell-Mann-Low function in QED," Phys. Rev. D **92** (2015) no.5, 054008 [arXiv:1507.03547 [hep-ph]].
4. A. L. Kataev (INR RAS) "The generalized BLM approach to fix scale-dependence in QCD: the current status of investigations," Proceedings ACAT-2014 Workshop (Prague), J. Phys. Conf. Ser. **608** (2015) no.1, 012078 [arXiv:1411.2257 [hep-ph]].
5. A. L. Kataev (INR RAS) and S. V. Mikhailov (BLTP, JINR, Dubna) "Generalization of the Brodsky-Lepage-Mackenzie optimization within the $\{\beta\}$ -expansion and the principle of maximal conformality," Phys. Rev. D **91** (2015) no.1, 014007 [arXiv:1408.0122 [hep-ph]].
6. A. L. Kataev (INR RAS) "Conformal symmetry limit of QED and QCD and identities between perturbative contributions to deep-inelastic scattering sum rules," JHEP **1402** (2014) 092 [arXiv:1305.4605 [hep-th]].
7. A. L. Kataev (INR RAS); "Conformal symmetry based relation between Bjorken and Ellis-Jaffe sum rules," in Proceedings of XX Int. Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects, Univ. of Bonn, March 2012, arXiv:1207.1808 [hep-ph].
8. A. L. Kataev (INR RAS) and S. V. Mikhailov (BLTP JINR, Dubna) "New perturbation theory representation of the conformal symmetry breaking effects in gauge quantum field theory models," Theor. Math. Phys. **170** (2012) 139 [Teor. Mat. Fiz. **170** (2012) 174] [arXiv:1011.5248 [hep-ph]].