

Отчет о проведенных в 2012 году исследованиях сотрудников Лаборатории экспериментальной физики высоких энергий.

Краткий отчет:

Проводится анализ данных полученных детектором CMS (LHC, CERN) при энергии 7 ТэВ и части полученных данных при энергии 8 ТэВ. Измерено сечение одиночного рождения топ кварка в t -канальной моде и параметра V_{tb} матрицы ККМ. Впервые наблюден процесс ассоциативного рождения в tW -канале. Получено хорошее согласие с предсказаниями Стандартной модели. Проведен модельно-независимый поиск проявления дополнительного векторного бозона W' предсказываемого в ряде новых теорий. Найдены контуры ограничений в пространстве аномальных констант связи и возможного диапазона масс такого дополнительного бозона. Проводится модельно-независимый поиск проявления аномальных структур в вершине взаимодействия Wtb с целью постановки ограничений на существование правых векторных и левых и правых тензорных взаимодействий. Ведется модельно-независимый поиск проявления нейтральных токов меняющих аромат кварков с вершинами взаимодействий tcg и tug . С использованием калориметра CASTOR, детектора CMS, были проведены измерения плотности потока энергии в протон-протонных и ион-ионных соударениях в широком диапазоне псевдобыстрот, включая область фрагментации пучка, представляющей особый интерес для моделирования широких атмосферных ливней. В 2012 году проводилась работа в рамках группы "Forward and Small- x QCD Physics" коллаборации CMS. Проводилась работа по проверке и улучшению качества моделирования в калориметре HF установки CMS. Проведены исследования проявления аномальных связей в вершине Wtb на основе анализа данных детектора D0 коллайдера Теватрон (Фермилаб, США), найдены ограничения на возможные проявления отклонений в вершине Wtb . При анализе данных получаемых коллаборацией D0 получены указания на существование тетракварка (связное состояние 4-х кварков). В ходе анализа данных коллаборации ZEUS выполнялся поиск процессов с рождением одиночного топ-кварка, поиск первого поколения лептокварков, среди основных результатов следует отметить измерения скейлинговых импульсных распределений странных адронов K_0 и Λ , а также измерение зависимости сечения фоторождения $\Upsilon(1S)$ от переданного импульса t в процессе $\gamma p \rightarrow \Upsilon(1S)p$. Указанные результаты получены впервые в ер- взаимодействиях при активном участии физиков НИИЯФ МГУ. Проводятся исследования данных эксперимента ZEUS на коллайдере HERA по изучению функций фрагментации в области протона. Включение в реконструкцию треков переднего трекового детектора FTD позволило существенно увеличить диапазон измерений. Полученные данные указывают, что поведение фрагментационных функций в зависимости от переданного импульса в области цветового поля между фрагментами протона и выбитым кварком отличаются от полученных ранее в эксперименте ZEUS аналогичных данных в токовой области, что согласуется с предсказаниями КХД. Продолжена работа по поддержке и развитию проекта «AMADEUS» в эксперименте ZEUS: закончена работа по информационному обеспечению пакетов генераторов событий (17 генераторов событий и сопутствующих библиотек) в связи с их изменениями и модификацией. Рассмотрена стабильность полученных решений де Ситтера уравнений модифицированной гравитации относительно пертурбаций в пространстве Бьянки 1. Рассмотрено формирование квазиловушечной поверхности при столкновении заряженных мембран в AdS₅.

Развернутый отчет:

1. Поиск одиночного рождения топ-кварка в эксперименте CMS.

• Проведен анализ данных набранных детектором CMS при энергии 7 ТэВ. Исследовалось одиночное рождение топ-кварка в t- и tW-каналах. Анализ t-канального рождения топ-кварка дал возможность наиболее точно измерить сечение этого процесса, тремя методами, и установить нижнее ограничение на параметр V_{tb} матрицы ККМ [arXiv:1209.4533, принято в JHEP]. Первый метод анализа основан на идее максимальной простоты и минимизации систематической ошибки. За основу бралось фитирование одного характерного для сигнала распределения, изображенного на рисунке 1.1 для мюонного канал (левый рисунок) и электронного канала (правый рисунок):

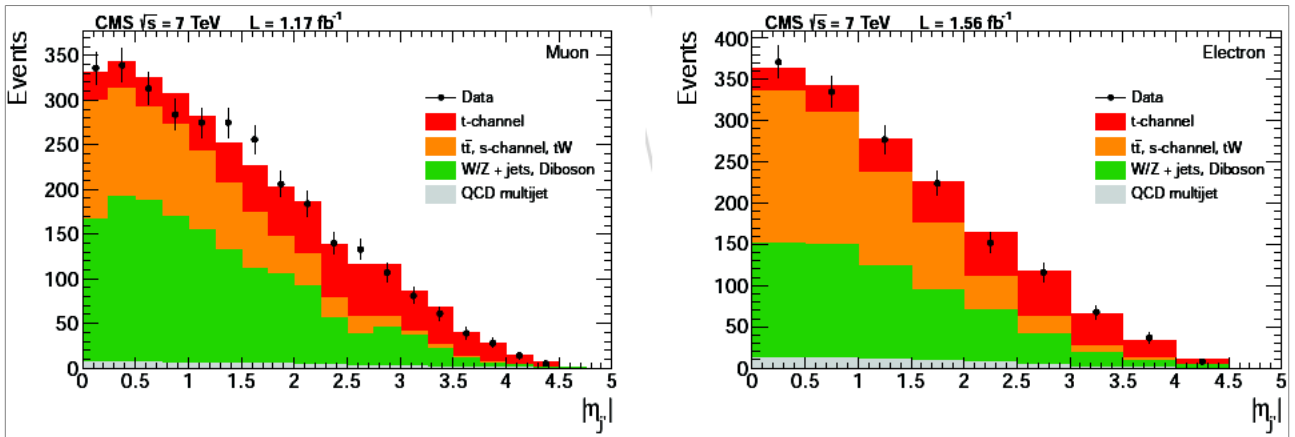


Рисунок 1.1. Распределения псевдобыстроты струи идущей не от б-кварка, для мюонного и электронного каналов.

Изображенные переменные отражают хорошо изученную и ярко выраженную угловую зависимость вылета кварков в сигнале, проявляющуюся в распределении по псевдобыстроте струй $|\eta|$.

Второй метод анализа основан на технике нейронных сетей и позволяет эффективно анализировать многомерное пространство различных переменных чувствительных к особенностям сигнальных событий.

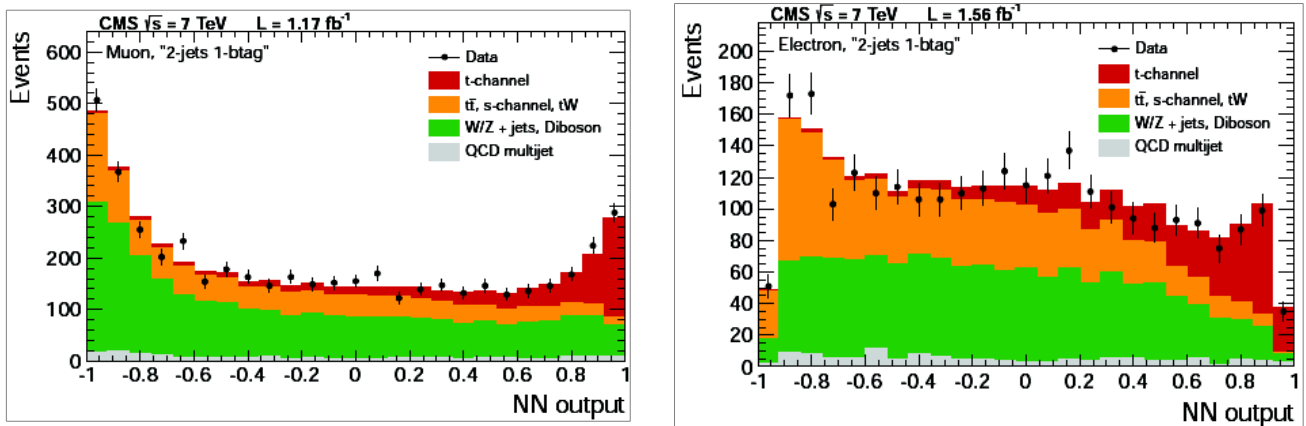


Рисунок 1.2. Распределение событий сигнала, фона и данных для дискриминанта нейронных сетей.

Второй метод включал многомерный анализ на основе деревьев решений для выбранного набора характерных 37-и переменных, связанных с кинематикой рождающихся струй и лептона, корреляции между объектами, и общая кинематика событий. Многомерный анализ дал возможность построить одномерную характеристику, разделяющую сигнальные и фоновые события. Эта характеристика приведена на рисунке 1.2:

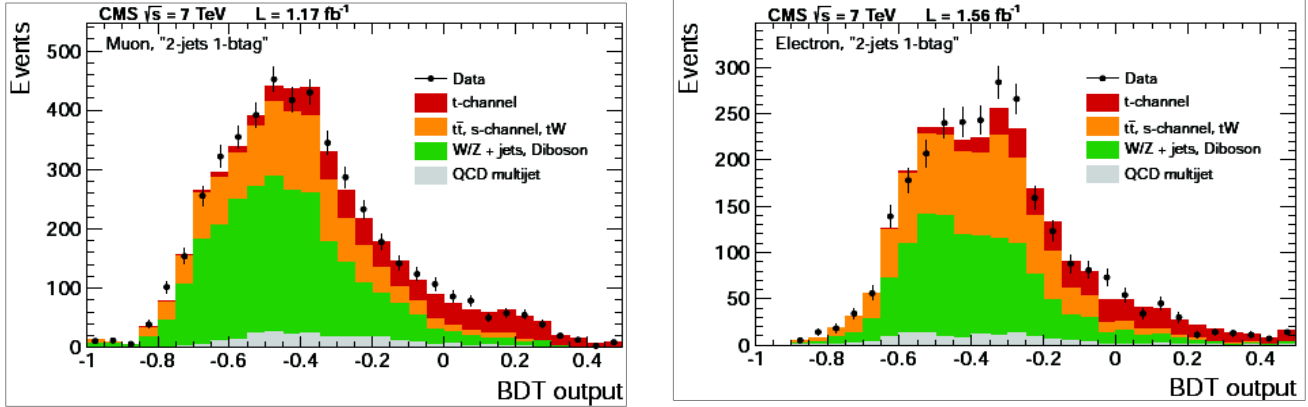


Рисунок 1.3. Распределение событий сигнала, фона и данных для дискриминанта деревьев решений, используемого в анализе.

Проведена оценка всех систематических неопределенностей для каждого из методов и получены результаты по измерению сечения t-канального процесса рождения одиночного топ-кварка в событиях с рождением электрона или мюона связанного с распадом W бозона происходящего от топ-кварка. Результаты измерения сечения приведены на рисунке 1.4:

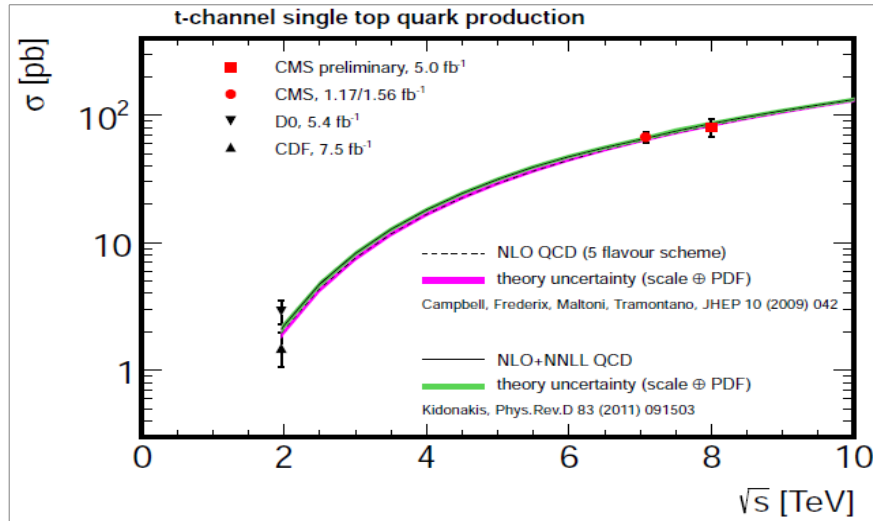


Рисунок 1.4. Измеренные сечения t-канального рождения одиночного топ-кварка и сравнение с предыдущими измерениями в экспериментах на Теватроне. Приведено теоретическое предсказание этого сечения в Стандартной Модели, показана эволюция сечения в зависимости от масштаба энергии.

- Проведен первый анализ данных при энергии 8 ТэВ, измеренное сечение t-канального одиночного рождения топ кварка при данной энергии приведено на рисунке 1.4. Получено подтверждение предсказаний Стандартной модели для эволюции сечения в зависимости от

энергии [CMS-PAS-TOP-12-011].

- Впервые проведено наблюдение tW -канала одиночного рождения топ-кварка [arXiv:1209.3489 принято в Phys.Rev.Lett.]. После анализа экспериментальной статистики в 4.9 fb^{-1} при энергии 7 ТэВ, удалось измерить сечение на уровне статистической достоверности в 4.0 стандартных отклонения. Измеренное сечение 16^{+5}_{-4} пб согласуется с предсказаниями Стандартной модели.
- Проведены измерения параметра V_{tb} матрицы Кабиббо-Кобаяши-Маскавы полученные результаты являются наиболее точными измерениями:

t -channel, 7 TeV <i>best from single top</i>	t -channel, 8 TeV	tW -channel, 7 TeV
$1.020 \pm 0.046_{\text{exp}} \pm 0.017_{\text{th}}$	$0.96 \pm 0.08_{\text{exp}} \pm 0.02_{\text{th}}$	$1.01^{+0.16}_{-0.13} \text{ exp }^{+0.03}_{-0.04} \text{ th}$
$ V_{tb} > 0.92 @ 95\% \text{CL}$	$ V_{tb} > 0.81 @ 95\% \text{CL}$	$ V_{tb} > 0.79 @ 90\% \text{CL}$

- Проведен поиск возможного проявления дополнительного векторного бозона W' в каналах с рождением топ-кварка. Используется модельно независимый подход разработанный в НИИЯФ МГУ учитывающий все возможные комбинации взаимодействий W' с фермионами и учетом интерференции W' и W в Стандартной модели. Охватывается диапазон масс вплоть до 3 ТэВ. Результаты приняты к публикации от имени CMS коллаборации [arXiv:1208.0956 принято в Phys.Lett.B] .

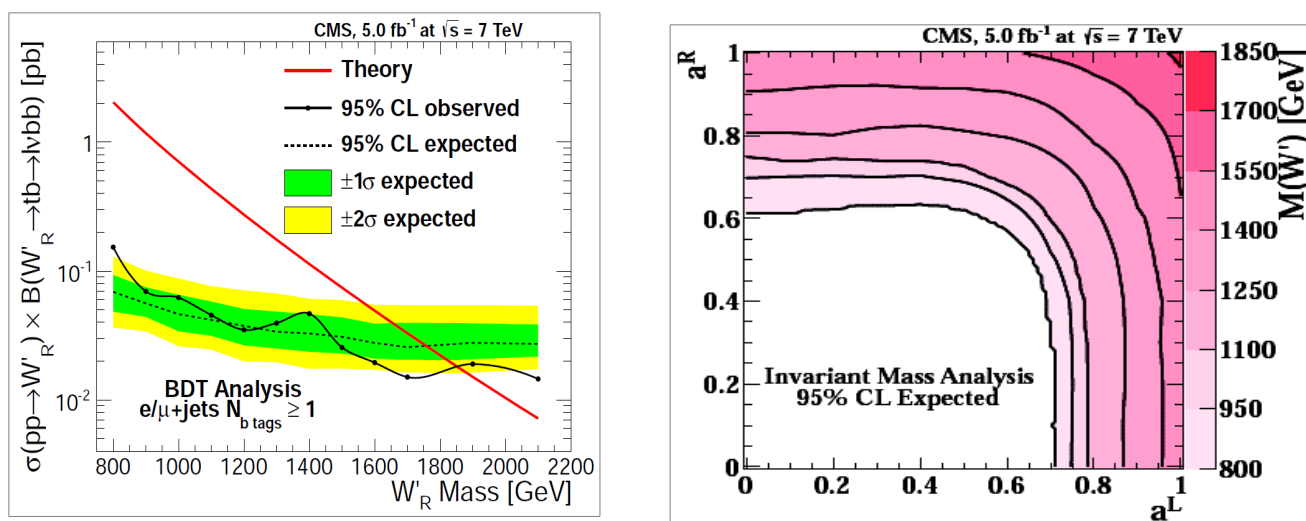


Рисунок 1.5. Найденные ограничения на массу и константы связи дополнительного векторного бозона W' .

2. Исследования в передней части детектора CMS с помощью детектора CASTOR.

После достигнутого в 2012 году снижения систематической погрешности калибровки, на данных 2010-го года, полученных на коллайдере LHC в эксперименте CMS при соударении

ионов свинца с энергией в системе центра масс 2,76 ГэВ на нуклон, измерена плотность потока энергии в передней области с помощью калориметра CASTOR (интервал псевдобыстрот с -6,6 по -5,2) для событий с разной степенью центральности соударений. В совокупности с результатами, полученными в центральной области детектора CMS, плотность потока энергии измерена в широкой области псевдобыстрот (с -6,6 по 5,2), что позволяет уточнить модельные представления о балансе энергии, в частности, в области фрагментации пучка, представляющей интерес, например, при моделировании широких атмосферных ливней. Аналогичные измерения плотности потока энергии в калориметре CASTOR в зависимости от активности в центральной области были проведены для протон-протонных соударений при разных энергиях в системе центра масс (900 ГэВ, 2,76 и 7 ТэВ) с целью изучения динамики многопартонных взаимодействий. Важным фактором при измерении плотности потока энергии в широком диапазоне псевдобыстрот являлась работа по проверке и улучшению качества моделирования калориметров CMS в передней области (HF, CASTOR). Калориметр CASTOR с новыми радиационно-стойкими фотодетекторами подготовлен для установки в начале 2013 года для участия в сеансе протон-свинцовых соударений на LHC. Планируется анализ полученных в 2013 году данных, а также подготовка к работе детектора в специальных сеансах работы после 2015 года с увеличенной энергией пучков.

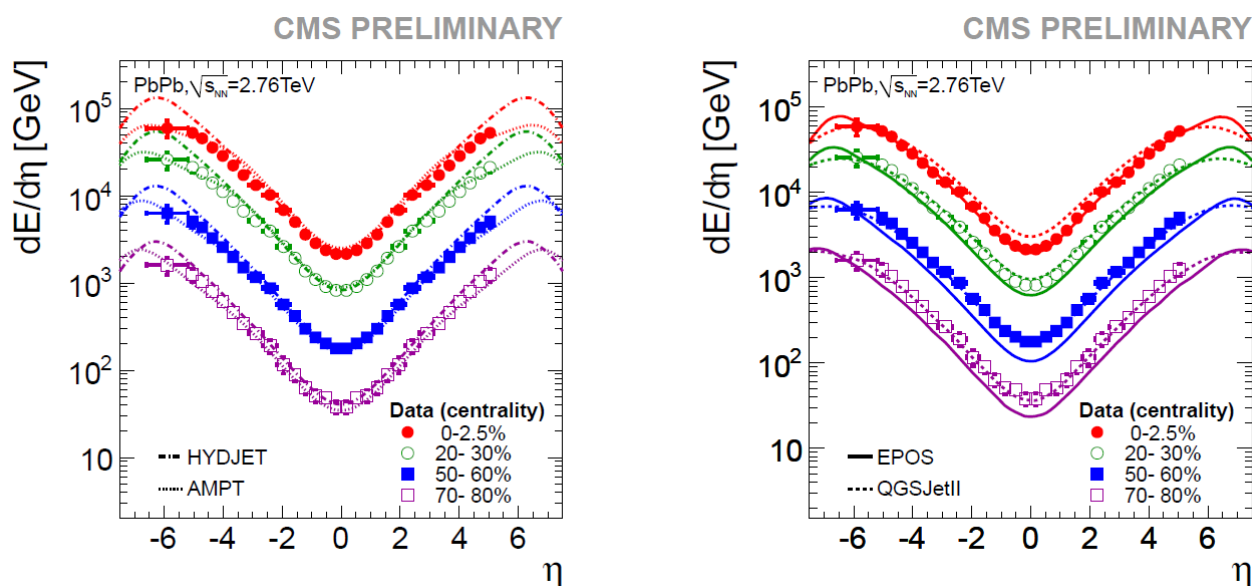


Рисунок 13.1. Плотность потока энергии в зависимости от псевдобыстроты для разных классов центральности соударений ионов свинца с энергией в системе центра масс 2,76 ТэВ в сравнении с модельными предсказаниями.

3. Исследования группы НИИЯФ МГУ в эксперименте D0 (Теватрон, США).

3.1 Исследования одиночного рождения топ-кварка в эксперименте D0 (Теватрон, США).

На основании анализа 5.4 фб-1 данных набранных детектором D0 проведен поиск возможного проявления аномальных связей в вершине Wtb [Phys.Lett. B708 (2012) 21-26]. Исследовались правые векторные и левые и правые тензорные связи отсутствующие в Стандартной модели. Был построен модельно-независимый лагранжиан учитывающий такие связи при всех действительных значениях аномальных констант:

$$\mathcal{L} = \frac{g}{\sqrt{2}} \bar{b} \gamma^\mu V_{tb} (f_V^L P_L + f_V^R P_R) t W_\mu^- - \frac{g}{\sqrt{2}} \bar{b} \frac{i \sigma^{\mu\nu} q_\nu V_{tb}}{M_W} (f_T^L P_L + f_T^R P_R) t W_\mu^- + h.c.$$

Лагранжиан был вставлен в пакет CompHEP с помощью которого, было проведено моделирование таких процессов. Созданная модель была применена в экспериментальном анализе данных.

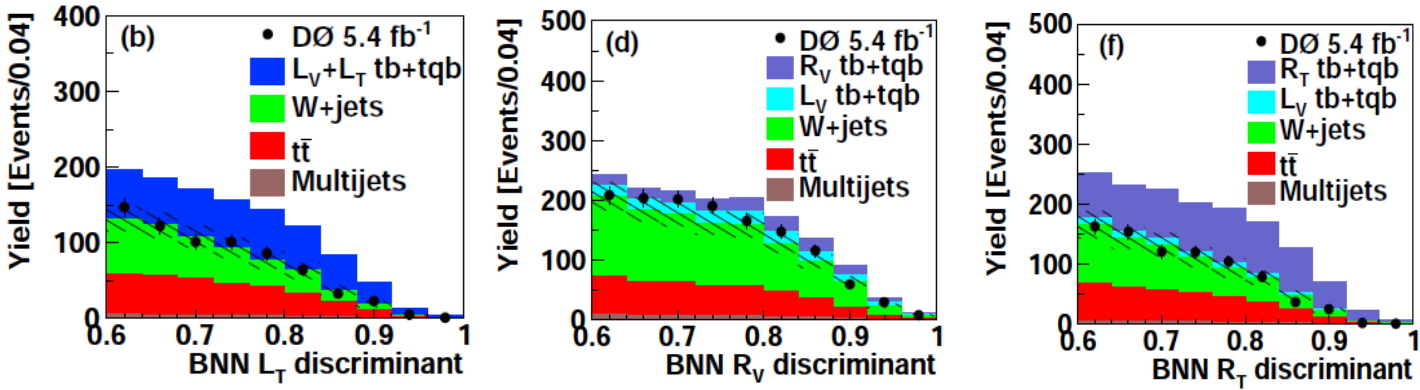


Рисунок 1.1. Распределение дискриминанта Байесовской нейронной сети чувствительной к проявлению аномальных связей в вершине Wtb .

Проявления аномальных Wtb структур не было обнаружено и были установлены ограничения на аномальные константы связи. Далее, было проведено объединение результатов этого анализа с исследованием состояний спиральности W -бозона в распадах топ-кварка при парном рождении в сильных взаимодействиях [Phys.Lett. B713 (2012) 165-171]. За счет объединения двух анализов удалось существенно улучшить точность ограничений на аномальные константы связи.

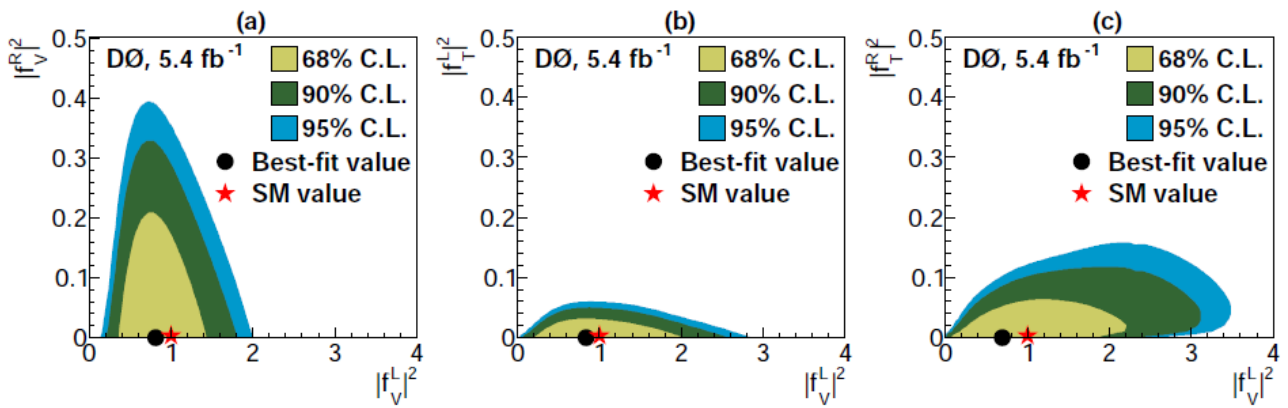


Рисунок 1.2. Контуры двумерных ограничений на аномальные константы связи в вершине Wtb .

Одномерные ограничения при одновременной вариации только одной константы связи приведены в следующей таблице:

Scenario	only W helicity	only single top	combination
$ f_V^R ^2$	0.62	0.89	0.30
$ f_T^L ^2$	0.14	0.07	0.05
$ f_T^R ^2$	0.18	0.18	0.12

3.2 Изучение инвариантного спектра масс в событиях с одновременным рождением двух джи-пси частиц.

Получены экспериментальные указания на существование тетракварка, ранее предсказанного теоретически, и состоящего из двух с кварков и двух анти-с кварков. Наблюдено превышение в 4.6 сигма над фоном выхода 2х джи-пси частиц с инвариантной массой 25 Гэв/с². Показано, что свойства таких событий резко отличается от событий, где инвариантная масса ниже или выше значения 25 Гэв/с². Такое рождение 2х джи-пси частиц на данный момент не может быть объяснено в рамках стандартной модели. Результаты представлялись на рабочих совещаниях коллаборации представлены во внутреннем препринте D0-note-6331 и проходят стадию обсуждения и одобрения коллаборацией D0.

3.3 Исследование возможных проявлений дополнительных измерений.

Продолжено изучение механизма смешивания полей Хиггса и радиона, основанного на спонтанном нарушении симметрии СМ с помощью стабилизирующего скалярного поля. Рассмотрен новый потенциал взаимодействия этих полей, в который они входя симметрично, что представляется более естественным, чем в ранее рассмотренном варианте. Найдена бесконечномерная массовая матрица для поля Хиггса, поля радиона и его возбуждений и проведена ее приближенная диагонализация. Показано, что поведение волновых функций калуца-клейновских мод скалярного поля в зависимости от их массы обеспечивает сходимость бесконечных рядов, возникающих при диагонализации этой бесконечномерной массово матрицы. Найдены явные аналитические выражения для полей с определенной массой и взаимодействия последних с полями Стандартной модели. Исследования доведены до такого состояния, когда можно делать численные расчеты и

проводить сравнение с экспериментальными данными по распадам бозона Хиггса в эксперименте D0.

4. База знаний смоделированных событий — MCDB (CERN, LHC).

Библиотека смоделированных событий, или «База знаний» MCDB (<http://mcdb.cern.ch>) предоставляет инфраструктуру для хранения и распространения событий, моделируемых экспертами для экспериментальных коллабораций на коллайдере БАК. Инфраструктура MCDB включает в себя различные интерфейсы взаимодействия с пользователями и авторами событий (Веб интерфейс, пакетные интерфейсы) и автоматические интерфейсы для взаимодействия с программным окружением коллабораций (C++ пакеты и скрипты для автоматической загрузки и доступа к содержимому MCDB) [Comput.Phys.Commun.178:222-229,2008; Comput.Phys.Commun.181:1758-1768,2010]. «База знаний» MCDB в 2012 году не использовалась в официальной цепочке Монте-Карло моделирования в коллаборации CMS в связи с отказом коллаборации от использования системы хранения CASTOR и переход к системе EOS. Была продолжена поддержка пользователей и использование MCDB для описания и хранения МК моделирования вне официальной цепочки моделирования событий в коллаборации CMS. Проведен перевод сервиса MCDB на инфраструктуру виртуальных машин в ЦЕРН, это позволило абстрагировать сервисы MCDB от используемой аппаратной платформы и сократить будущие издержки, необходимые для поддержания сервисов. Все разработанное программное обеспечение подготовлено для публикации в модели Open Source Software и опубликовано на сервере проекта. Переход к открытой модели созданного программного обеспечения даст возможность использовать разработанное программное обеспечение MCDB и HerML в других проектах. В связи с решением о прекращении дальнейшего развития проекта MCDB, основной задачей в 2012 году была стабилизация существующего программного обеспечения и перевод всех сервисов в режим долгосрочной автономной работы. Параллельно с задачами по стабилизации сервисов и для удовлетворения потребностей пользователей был внесен целый ряд изменений в функциональность MCDB отраженных в системе контроля версий SVN проекта MCDB [<https://svnweb.cern.ch/trac/lcgmcdb/report/6>]. Были переработаны системы автоматического документирования загружаемых семплов созданных пакетом MadGraph, потребовалось в связи с выпуском новой версии данного генератора. Изменены скрипты контроля содержимого Базы знаний. Были переработаны и внедрены дополнительные интерфейсы мониторинга сервисов MCDB интегрированные с IT инфраструктурой ЦЕРН (<https://sls.cern.ch/sls/service.php?id=MCDB>). Решены некоторые вопросы производительности связанные с большим накопленным объемом Базы знаний. В настоящий момент в базе знаний зарегистрировано 120 экспертов (112 из CMS, 4 из ATLAS, 4 из LCG) ими было подготовлено 2920 статей описывающих 44970 наборов событий в формате LHEF [Comput.Phys.Commun. 176 (2007) 300-304], общим объемом 8.3 ТБ.

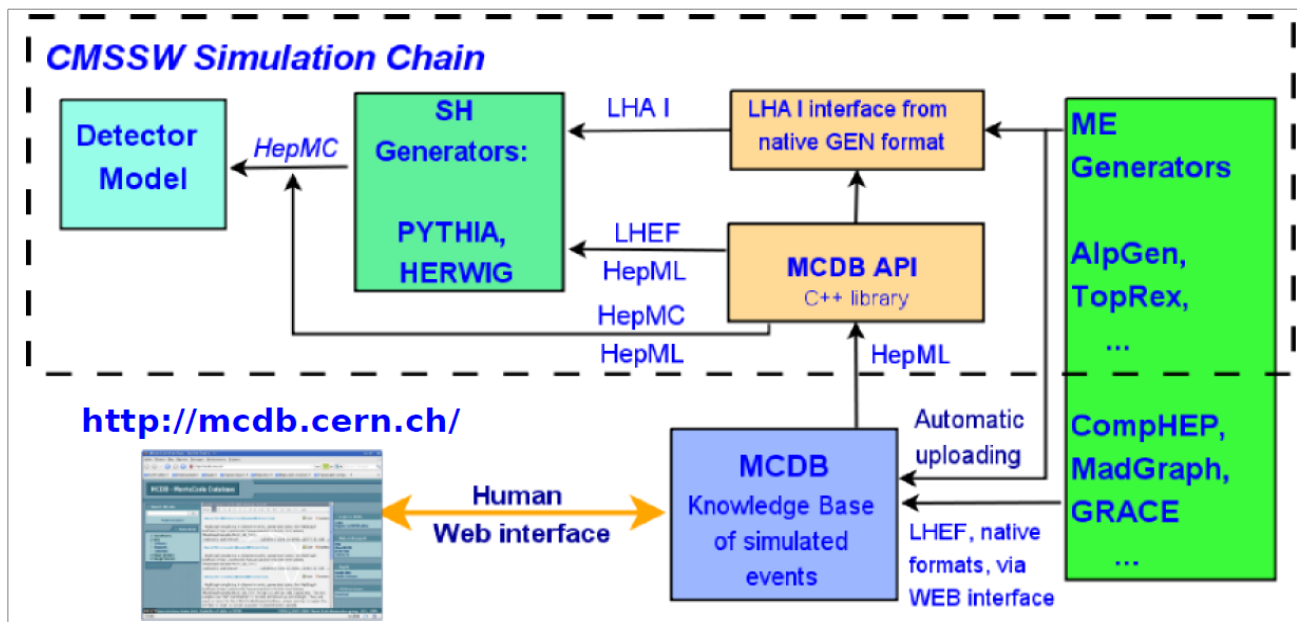


Рисунок 8.1. Схема интерфейсов MCDB в коллаборации CMS.

[1] S. Chatrchyan et al. (CMS Collaboration), "Measurement of the single t -top-quark cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV", CMS-TOP-11-021, CERN-PH-EP-2012-274, arXiv:1209.4533 (accepted to JHEP).

[2] S. Chatrchyan et al. (CMS Collaboration), "Evidence for associated production of a single top quark and W boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV", CMS-TOP-11-022, CERN-PH-EP-2012-266, arXiv: 1209.3489 (accepted to Phys.Rev.Lett).

[3] S. Chatrchyan et al. (CMS Collaboration), "Search for a W' boson decaying to a bottom quark and a top quark in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV", CMS-EXO-12-001, CERN-PH-EP-2012-192, arXiv:1208.0956 (accepted to Phys.Lett.B).

[4] E.Boos, L.Dudko, "The Single Top Quark Physics" ; International Journal of Modern Physics A, Vol. 27, No. 26 (2012) 1230026; DOI: 10.1142/S0217751X12300268.

[5] Э.Э.Боос, Л.В.Дудко, А.А.Маркина, И.А.Мягков, М.А.Перфилов, А.А.Попов, Н.А.Цирова, И.А.Швецов, "Методы измерения характеристик фоновых процессов на основе анализа экспериментальных данных в применении к анализу одиночного рождения топ-кварка в эксперименте CMS коллайдера LHC", Ученые Записки Физического Факультета 1, 120108 (2012)

[6] [Combination of searches for anomalous top quark couplings with 5.4 fb⁻¹ of \$pp\$ collisions.](#) D0 Collaboration (Victor Mukhamedovich Abazov (UNDEFINED, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia) et al.).

Published in **Phys.Lett. B713 (2012) 165-171**
FERMILAB-PUB-12-096-E

DOI: [10.1016/j.physletb.2012.05.048](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.05.048)

e-Print: [arXiv:1204.2332](https://arxiv.org/abs/1204.2332) [hep-ex]

[7] [Search for anomalous \$Wtb\$ couplings in single top quark production in \$pp^-\$ collisions at \$s\sqrt{=1.96}\$ TeV.](#)

D0 Collaboration ([Victor Mukhamedovich Abazov \(Dubna, JINR\) *et al.*](#)). Oct 2011.

Published in **Phys.Lett. B708 (2012) 21-26**

FERMILAB-PUB-11-561-E-PPD

DOI: [10.1016/j.physletb.2012.01.014](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2012.01.014)

e-Print: [arXiv:1110.4592](https://arxiv.org/abs/1110.4592) [hep-ex]

Конференции:

Международная сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий».

Л.Дудко «Физика топ кварка на LHC»

М.Перфилов «Новый метод моделирования процессов с аномальными вершинами взаимодействия. Ограничения на аномальные структуры вершины Wtb »

«Electroweak top quark production at CMS: Prospects for HL-LHC» (E. Boos, V. Bunichev, L. Dudko, A. Markina, I. Myagkov, M. Perfilov, [A. Popov](#), I. Shvetsov, N. Tsirova) на конференции «Perspectives on Physics and on CMS at Very High Luminosity, HL-LHC» (Украина, Алушта, 28 – 31 мая 2012)

L.Khein "General features of forward physics as observed by CMS" на workshop "QCDCosmicV: QCD at Cosmic Energies - V , 11-16 Jun 2012, University Paris-VI, Paris (France)"

Дипломники:

5-й курс

Иван Швецов

Игорь Мягков

4-й курс

Георгий Воротников

Всеволод Светлов

1-й курс

Семен Шишкин

5. Участие в эксперименте ZEUS

Ю.А. Голубков, Д.С. Зоткин, Б.Б. Левченко, Л.А. Хейн, Л.М. Щеглова

5.1 Основные научные результаты

В 2012 г. коллаборация ZEUS опубликовала 9 статей в высокорейтинговых научных журналах и 4 статьи изданы в виде препринтов и направлены в редакции журналов. В основу статей лег анализ данных эксперимента ZEUS на электрон-протонном коллайдере HERA (г. Гамбург, Германия) набранных за период 2003-2007 гг (HERA II).

Среди наиболее значимых следует отметить следующие физические результаты, полученные при активном участии физиков НИИЯФ МГУ в эксперименте ZEUS (ZEUS) в 2012 году.

1-Поиск процессов с рождением одиночного топ-кварка. Такие процессы позволяют выявлять отклонения от Стандартной Модели (СМ). Анализ данных накопленных в 2004-2007 гг не выявил сколь либо заметных отклонений от СМ. На 95 % уровне достоверности верхний предел таких процессов в ер-столкновениях при энергии в системе центра масс 318 ГэВ составляет не более 0.24 пб. [11]

2-Поиск первого поколения лептокварков в электрон-протонных и позитрон-протонных столкновениях. В анализе использовались данные ZEUS 2003-2007 гг с интегральной светимостью 366 пб-1. Лептокварки (LQ) ищались как резонансы в каналах распада на электрон + струя и недостающая поперечная энергия + струя частиц. Указаний на существование LQ не найдено, даже при объединении с ранее полученными данными и увеличением статистики до 498 пб-1. [7]

3- Измерения дифференциальных сечений ассоциированного рождения изолированного фотона и адронной струи. Кинематическими переменными служили поперечная энергия и псевдобыстрота фотона и струи. Сравнение с моделями основанных на пертурбативной КХД дают разумное согласие с формой дифференциальных сечений, но типичное разногласие с абсолютной величиной сечений составляет 20–30%.

4-Измерения распределений по нормированным импульсам странных адронов K_0^0 и Λ . Прослежена эволюция этих распределений с очень широкой области виртуальности фотона $10 < Q^2 < 40000 \text{ ГэВ}^2$ и бьёркеновской переменной x , $0.001 < x < 0.7$. Выполнено сравнение данных с предсказаниями ряда моделей. [10]

5-Впервые измерено распределение сечения фоторождения мезона из тяжелых b -кварков, $\Upsilon(1S)$, по переданному импульсу t при в процессе $\gamma p \rightarrow \Upsilon(1S)p$. Измерения покрывают широкую кинематическую область, $60 < W < 220 \text{ ГэВ}$ и $Q^2 < 1 \text{ ГэВ}^2$ и наибольшую светимость 468 пб-1. [12]

6-В рамках подготовки в 80-летнему юбилею и памяти П.Ф. Ермолова (30.06.1932-14.05.2008), основателя и руководителя Отдела Физики Высоких Энергий (ОЭФВЭ), была завершена и опубликована оригинальная статья посвященная технике анализа данных при поиске резонансов, использующей кинематические особенности распадов частиц. Сформулированы простые, удобные и графически наглядные критерии отбора, позволяющие подавлять фоновые комбинации частиц. Данные критерии уже продемонстрировали свою эффективность при поиске пятикваркового бариона $\theta_s(1530)$ в экспериментах ZEUS и СВД, руководителем и вдохновителем которого являлся П.Ф.

5.2 Выполняемые анализы данных эксперимента ZEUS

1- Был продолжен анализ данных эксперимента ZEUS за период 2003-2007 гг (HERA II) с целью поиска рождения странного экзотического бариона состоящего из пяти кварков θ_s (1530). Конечной целью данного анализа является оценка сечения рождения данной частицы. Написан комплекс программ для анализа данных, создан мини-базы данных с отобранными событиями. К концу текущего года планируется завершить предварительный анализ около 360 млн. событий данных HERA II и выполнить оценку сечения рождения θ_s (1530).

2- Продолжен анализ по исследованию скейлинговых импульсных распределений в области мишени в глубоконеупругих ер-взаимодействиях в событиях с нейтральными токами на установке ZEUS в широких интервалах переданного импульса Q^2 и переменной Бьёркена x . Целью данного исследования является изучение фрагментации в области мишени Брейт системы и проведение детального анализа предсказаний пертурбативной КХД относительно эволюции фрагмента -

ционных функций в зависимости от этих переменных, а также динамики партонглюонных каскадов. В дополнение к полученным ранее измерениям в центральном трековом детекторе CTD проведена реконструкция с использованием переднего детектора FTD. Включение в реконструкцию треков переднего трекового детектора FTD позволило существенно увеличить диапазон измерений в области мишени. Полученные данные (рис. 1) указывают, что поведение фрагментационных функций в зависимости от переданного импульса Q^2 в области цветового поля

между фрагментами протона и выбитым кварком отличаются от полученных ранее в эксперименте ZEUS аналогичных данных в токовой области. Как видно из рисунка, рост максимума скейлинговых распределений в области мишени более быстрый, чем в области мишени, что что согласуется с предсказаниями КХД в рамках MLLA аппроксимации с

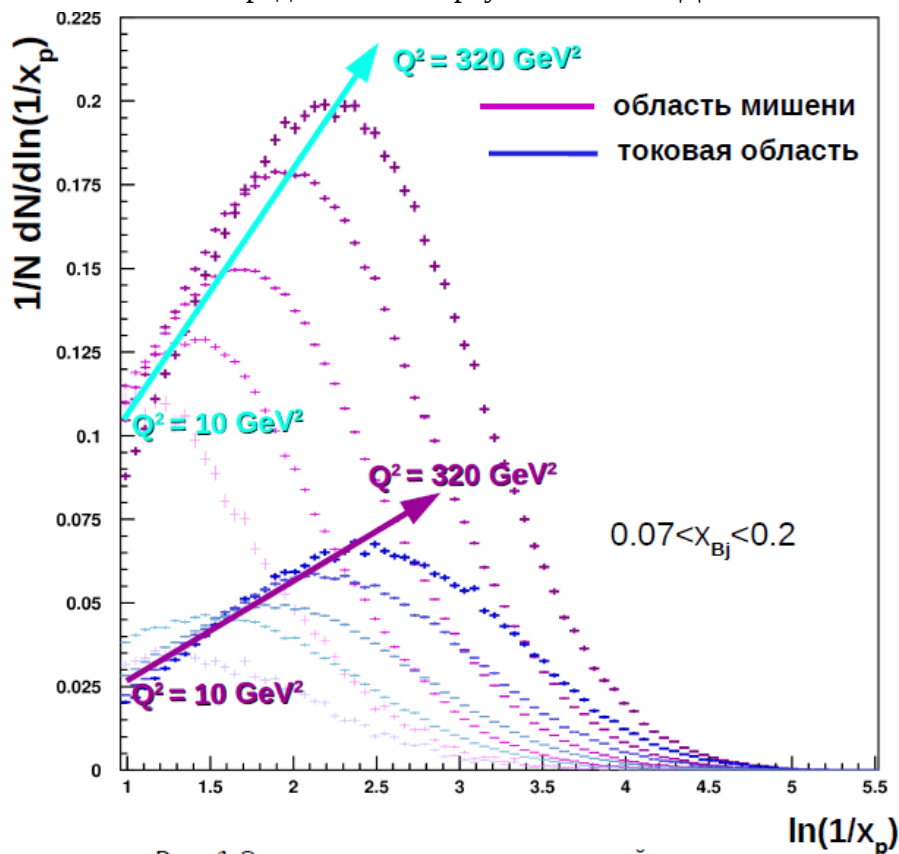


Рис. 1. Зависимость импульсных скейлинговых распределений от $\ln(1/x_p)$ в разных областях Q^2 в токовой области и области мишени ($x_p = 2P_{\text{Breit}}/Q$, P_{Breit} - импульс адрона в Брейт системе).

учётом гипотезы локальной партон-адронной дуальности LPHD.

5.3 Поддержка и развитие проекта «AMADEUS» в эксперименте ZEUS

Пакет генераторов событий, используемых в эксперименте ZEUS (проект «AMADEUS») включает 17 генераторов событий и примерно столько же сопутствующих библиотек.

В 2011 году все пакеты были адаптированы под ОС Scientific Linux 5. В текущем году была закончена необходимая работа по информационному обеспечению пакетов в связи с их изменениями и модификацией. В настоящее время работа пакета генераторов событий поддерживается на трех платформах: SL 3, SL4 и SL5.

В рамках проекта «Сохранение данных HERA» продолжалась начатая в 2011 году селекция генераторов и библиотек и удаление устаревших и неактуальных пакетов с сохранением источников в SourceRepository для возможности дальнейших ссылок.

Разработана идеология интерфейса между генераторами событий и моделированием отклика детектора ZEUS для работы под виртуальной операционной системой. Закончена отладка вариантов интерфейса для пакета AMADEUS.

Разработан предварительный вариант интерфейса пакета генераторов AMADEUS со стандартным пакетом HerMC, обеспечивающим унифицированную, независимую от языка программирования передачу смоделированных физических событий для дальнейшего учета отклика экспериментальной установки.

Осуществлялась поддержка участников ZEUS по теоретическим и математическим вопросам моделирования физических процессов в эксперименте ZEUS и, в частности, по использованию пакета программ проекта AMADEUS/FORMOZA.

В порядке личной инициативы был выполнен и ряд других исследований :

- При взаимодействии частиц высоких энергиях, рождение новых кварков происходит в сильном хромо-электрическом поле. Данная модель рождения частиц в процессе интенсивных исследований. В этой связи важно изучать и более простые поля, способные рождать частицы. Наш анализ формул Швингера, для вероятности рождения e^+e^- в электрическом поле показал, что ряды Швингера точно суммируются и выражаются через дилוגарифмы, но приводят к нарушению унитарности в приделе сильных полей. Нами предложена формула, восстанавливающая унитарность. Вычисления показывают, что при интенсивности поля лишь 3% от критической величины, вероятность рождения частиц близка к 100 %. [15]

Доклады:

1.Л.М. Щеглова, «Scaled Momentum Spectra in the Target Region of the Breit Frame», ZEUS Collaboration Meeting, 5.09.2012

2.Л.М. Щеглова, «Scaled Momentum Spectra in deep inelastic Scattering at HERA», The International Conference-Session of the Section of Nuclear Physics of the PSD RAS, Moscow, Nov. 12-16 2012

5.4 Публикации по результатам исследований в коллаборации ZEUS за 2012г. :

1. H1 and ZEUS Collaboration; F.D. Aaron et al.
Combination and QCD Analysis of Charm Production Cross Section Measurements in Deep-Inelastic ep Scattering at HERA
DESY-12-172 (November 2012), to be published in Eur. Phys. J. C
2. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Production of Z^0 bosons in elastic and quasi-elastic ep collisions at HERA
DESY-12-168 (October 2012), to be published in Phys. Lett. B
3. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Measurement of high- Q^2 neutral current deep inelastic e^+p scattering cross sections with a longitudinally polarised positron beam at HERA
DESY-12-145 (August 2012), submitted to EPJ C, manuscript ID EPJC-12-08-066
4. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Production of the excited charm mesons D_{s1} and D_{s2}^* at HERA
DESY-12-144 (August 2012) [Nucl. Phys. B 66 \(2013\) 229-254](#)
5. H1 and ZEUS Collaboration; F.D. Aaron et al.
Combined inclusive diffractive cross sections measured with forward proton spectrometers in deep inelastic ep scattering at HERA
[Europ. Phys. Journal C 72 \(2012\) 2175, DOI: 10.1140/epjc/s10052-012-2175-y](#)
6. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Measurement of isolated photons accompanied by jets in deep inelastic ep scattering
[Phys Lett B 715 \(2012\) 88-97](#)
7. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Search for First-Generation Leptoquarks at HERA
[Physical Review D](#), том 86, № 1, с. 012005
8. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Inclusive-jet Photoproduction at HERA and determination of α_s
[Nucl. Phys. B864 \(2012\), pp. 1-37](#)
9. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Exclusive Electroproduction of two Pions at HERA
[Eur. Phys. J. C 72 \(2012\) 1869](#)
10. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Scaled Momentum Distributions for K_s^0 and $\Lambda/\text{anti-}\Lambda$ in DIS at HERA
[JHEP 03 \(2012\) 020; DOI 10.1007/JHEP 03\(2012\)020](#)
11. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.
Search for Single-Top Production in ep Collisions at HERA
[Phys. Lett. B 708 \(2012\) 27-36](#)
12. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

Measurement of the t dependence in exclusive photoproduction of Upsilon (1S) mesons at HERA
[Phys. Lett. B 708 \(2012\) 14-20](#)

13. ZEUS Collaboration; S. Chekanov et al.
Angular correlations in three-jet events in ep collisions at HERA
[Phys. Rev. D85 \(2012\) 052008](#)

14. B.B. Levchenko, Kinematic Selection Criteria in the Search for Resonances,
Advances in High Energy Physics, Vol. 2012 (2012), Article ID 502179, 13 pages.
(<http://www.hindawi.com/journals/ahp/2012/502179/abs/>)

15. B.B. Levchenko, Properties of the Schwinger series and pair creation in strong fields,
e-Print: arXiv:1208.0478 [quant-ph], 4 pages

Планы на 2013:

Продолжить исследование фрагментационных функций в области мишени в Брейт системе :исследование возможного нарушения скейлинга в области мишени, детальное сравнение с МС и аналитическими расчётами КХД относительно эволюции фрагментационных функций в зависимости от перпендикулярной Бёркена x и Q^2 .

- Завершение анализа по оценке сечения рождения θ_s (1530) бариона на полной статистике данных ZEUS, написание статьи и рабочей ноты, выступление на конференции .

–Завершение расширенной версии статьи по рождению пар частиц в сильных полях и публикация статьи.

6. Исследования проводимые в эксперименте СВД-2

Для изучения влияния ядерной среды в рА-взаимодействиях при 70 ГэВ/с на установке СВД-2 были выделены около 6000 гиперонов $\Lambda(1115)$ и около 17000 K_S^0 -мезонов, распавшихся в пределах чувствительности вершинного детектора СВД (2...34 мм от первой мишени). Выделенные частицы имеют импульсы P_L в лабораторной системе в пределах от 2 до 30 ГэВ/с и квадраты поперечных импульсов P_{t2} от 0 до 1.2 (ГэВ/с)**2 для каждой из мишеней. Сравнение спектров, полученных для каждой из мишеней, дает следующие результаты:

1) Наклоны экспонент в распределениях по квадрату поперечного импульса для Λ в области от 0.1 до 1.2 (ГэВ/с)**2 в пределах ошибок совпадают для различных ядер: 2.80 ± 0.17 (ГэВ/с)**(-2) для C, 2.75 ± 0.19 для Si, 2.78 ± 0.11 для Pb.

2) Средние значения квадрата поперечного импульса также

очень

близки: $0.38 \text{ (ГэВ/с)}^2 \text{ (C)}$, $0.37 \text{ (ГэВ/с)}^2 \text{ (Si)}$, $0.37 \text{ (ГэВ/с)}^2 \text{ (Pb)}$.

3) Относительный выход Лямбда-гиперонов в неупругих событиях в

пределах ошибок не зависит от материала мишени. Это соответствует А-зависимости сечения рождения, близкой к наблюдаемой во всех неупругих событиях (показатель степени альфа около 0.69).

4) Полученные оценки коэффициента альфа не противоречат опубликованным ранее данным при энергиях в 100-300 ГэВ.

5) Спектры поперечных импульсов K_0s демонстрируют одинаковую форму для различных атомных весов мишени и имеют излом в распределениях по квадрату поперечного импульса примерно

при 0.3

$(\text{ГэВ/с})^2$, с наклонами экспоненты около 5 в области 0.1-

0.3

$(\text{ГэВ/с})^2$ и около 3 в области 0.3-1.2 $(\text{ГэВ/с})^2$.

6) Анализ будет продолжен для странных частиц, распавшихся за

пределами вершинного детектора СВД-2, с длиной пробега 35-700

мм.

В 2012 году продолжались работы по поддержке и модернизации установки СВД-2:

1. Проводился ремонт пропорциональных камер магнитного спектрометра. Четыре отремонтированных камеры подготовлены для

работы на сеансах по набору статистики, одна камера будет использоваться для стендовых испытаний.

2. Проведён ремонт и тестовые испытания электроники считывания

магнитного спектрометра .

3. Разработано и внедрено программное обеспечение, поддерживающее

новые интерфейсы связи (PCI и USB).

4. Проведены исследования по работе новой версии усилителей-формирователей для пропорциональных камер спектрометра.

5. Разработано программное обеспечение, поддерживающее новый стандарт электроники ЕвроМисс, предлагаемый для использования в

вершинной части установки.

6. Разработан и внедрён пакет программ, обеспечивающий работу вновь

созданного устройства перемещения детектора гамма-квантов.

Проведены отладочные испытания устройства в режиме калибровки субдетектора.

7. Разработано программное обеспечение для тестирования новых кремниевых детекторов.
8. Проведена перенастройка мишени и вершинного детектора для работы на сеансе по проекту «Термализация» (E-190)
9. Разработаны тестовые образцы плат считывающей электроники для модернизации вершинного детектора.

В 2012 г. сотрудничеством СВД-2 опубликованы 2 работы:

1. В.Н.Рядовиков (от имени сотрудничества СВД-2), В.В.Авдейчиков, С.Г.Басиладзе и др., "Топологические сечения в pp-взаимодействиях при 50 ГэВ", ЯФ, 2012, т.75, №3, с.343-348
2. В.Н.Рядовиков (от имени сотрудничества СВД-2), В.В.Авдейчиков, С.Г.Басиладзе и др., "Флуктуации числа нейтральных пионов при большой множественности в pp-взаимодействиях при 50 ГэВ", ЯФ, 2012, т.75, №8, с. 1050-1059

7. Индивидуальная тематика исследований.

7.1 Полученные в 2012 году научные результаты (С.Кейзеров).

1. Продолжено изучение гравитации Меллера (обобщения ОТО), в котором фундаментальными динамическими переменными гравитационного поля является не метрика, а репер. В рамках этой теории при некоторых соотношениях между константами доказано существование физически интересных решений типа Шварцшильда и Керра, космологических решений фридмановского типа, а так же решений со спонтанной компактификацией типа произведения пространства Минковского на трехмерную сферу. Также показано, что в линейном приближении реперное поле можно рассматривать как комбинацию из гравитационного поля (метрического) и некоторого антисимметричного тензорного поля второго ранга, геометрический смысл которого – инфинитезимальные вращения реперных векторов. Изучены различные свойства этого поля, зависящие от выбора фонового решения. Показано, что лагранжиан теории инвариантен относительно группы общесоординатных преобразований, но неинвариантен относительно группы вращений репера, что позволяет использовать его для построения теорий с нарушенной лоренц-инвариантностью.

Результаты опубликованы в "Proceedings of Science": "Linear approximation in Møller gravity", PoS QFTHEP2011: 079, 2011, 7 pages

2. Рассмотрена теория взаимодействующих полей (гравитационного, векторного и антисимметричного тензорного поля третьего ранга), имеющих самосогласованные решения спонтанной компактификации (решения типа Фройнда-Рубина) в семимерном пространстве-времени. Изучен класс моделей, в которых возможен тот же тип компактификации и при этом имеются нетривиальные решения для векторного поля. Выделен подкласс моделей с

ненарушенной или слабо нарушенной четырехмерной лоренц-инвариантностью. Подобные модели могут использоваться при построении теорий с нарушенной СР-инвариантностью, возникающей в результате размерной редукции многомерной Калуцы-Клейновской теории. В журнале «Вестник Московского Университета» опубликована статья: «Класс моделей со спонтанной компактификацией типа Фройнда-Рубина и нетривиальным решением для векторного поля в семимерном пространстве-времени»

Построено обобщение данной конструкции для теорий с числом измерений пространства-времени больше семи. Результаты готовятся к печати.

2. Список всех публикаций за 2012 год

1. *Moscow University Physics Bulletin*, 2012, Vol. 67, No. 2, pp. 154–158. *Original Russian Text published in Vestnik Moskovskogo Universiteta. Fizika.* (Вестник Московского Университета. Серия Физика и Астрономия, 2012, No. 2, pp. 009–013.

3. Преподавательская деятельность

Проведение семинаров на физическом факультете МГУ по лекционному курсу Э.Э. Бооса «Стандартная Модель и ее расширения».

7.2 Отчет Поздеевой Екатерины Олеговны

Использована голографическая модель, дуальная к столкновению тяжелых ионов, для получения фазовой диаграммы формирования кварк глюонной плазмы на ранней стадии после столкновения. В используемой дуальной модели, сталкивающиеся ионы описываются заряженными ударными гравитационными волнами. Точки на фазовой диаграмме соответствуют КГП или адронной материи с определенными температурами и химическими потенциалами. В дуальном представлении фазы КГП связаны с формированием ловушечных поверхностей при столкновении шоковых волн. Адронная материя и другие связанные состояния соответствуют отсутствию ловушечных поверхностей после столкновения. На дуальном языке, множественность процесса ионного столкновения рассчитывается как площадь ловушечной поверхности. Чтобы построить фазовую диаграмму, мы используем две разных дуальных модели столкновения ионов, как точечных и распределенных ударных волн, и находим, что результаты согласованы.

Кроме того, рассмотрена нелокальная модель модифицированной гравитации в пространстве без дополнительных измерений. Показано, что решение де Ситтера существует только, если модифицирующая функция удовлетворяет определенным дифференциальным уравнениям второго порядка. Исследована стабильность простейшего решения де Ситтера без ограничения на параметры по отношению к возмущениям в метрике Бьянки 1. Рассмотрена процедура реконструкции для явного вида функции, модифицирующей общую теорию относительности, соответствующей решению де Ситтера и решению с параметром Хаббла обратно пропорциональному времени.

2. Публикации:

1) E. Elizalde, E. O. Pozdeeva and S.Yu. Vernov, De Sitter universe in nonlocal gravity, *Phys. Rev. D* 85, 044002 (2012)[arXiv:1110.5806]

2) I. Ya. Aref'eva, A. A. Bagrov, and E. O. Pozdeeva, Holographic phase diagram of quark-gluon plasma formed in heavy-ions collisions, *JHEP*05(2012)117, [arXiv:1201.6542]

3) E. Elizalde, E. O. Pozdeeva, S. Yu. Vernov, Stability of de Sitter Solutions in Non-local

Cosmological Models, PoS(QFTHEP2011)038, 2012 [<http://pos.sissa.it>] [arXiv:1202.0178]

4) I. Ya. Aref'eva, A. A. Bagrov, and E. O. Pozdeeva, Wall-shock waves with charge in AdS5, PoS(QFTHEP2011)041 [<http://pos.sissa.it>]

5) E. Elizalde, E.O. Pozdeeva, and S.Yu. Vernov, Reconstruction Procedure in Nonlocal Models, arXiv:1209.5957

Доклады на конференциях:

1) E.O. Pozdeeva, Trapped surface formation in AdS and entropy bound in heavy ions collisions, QUARKS, Yaroslavl, Russia, June 4-10, 2012

2) E.O. Pozdeeva, Stability of de Sitter Solutions in modified Gravity, Ginzburg Conference on Physics, Lebedev Institute, May 28-June 2, 2012

3) E.O. Pozdeeva, Holographic phase diagram of quark-gluon plasma formed in heavy-ion collisions, Barselona Postgrad Encounters on Fundamental Physics, October 17-19, 2012

4) E.O. Pozdeeva, De Sitter Solutions in Nonlocal Modified Gravity, Summer School on Cosmology, Trieste – Italy, 16-27 July 2012

5) Е.О. Поздеева, Формирование ловушечных поверхностей при столкновении тяжелых ионов в AdS₅, Летняя школа фонда Династия по Фундаментальным взаимодействиям, Протвино, Россия, Август 10-22, 2012

3) Участие в грантах:

Грант РФФИ (мол_а) номер 12-03-31109, 350 тыс.руб. (НИИЯФ МГУ - организация исполнитель)

4) -

5) -

6) -

7) Планы на следующий год:

На основе методов AdS/CFT-дуальсти планируется смоделировать процесс столкновения тяжелых ионов как столкновением заряженных мембранных стенок. Исследовать влияние внешних полей, химического потенциала, спина на возможность свойства формирования черных дыр. Рассмотреть свойства соответствующих черных дыр в асимптотическом пространстве AdS.

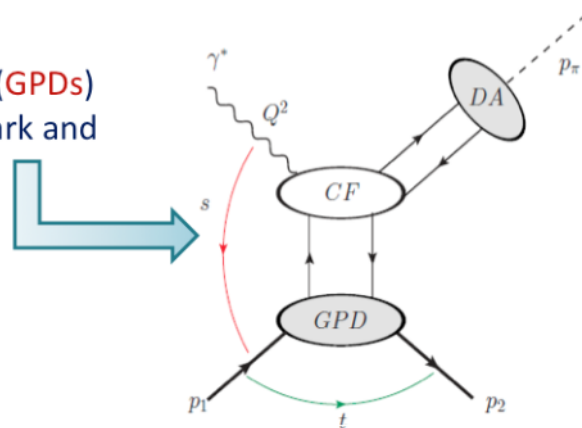
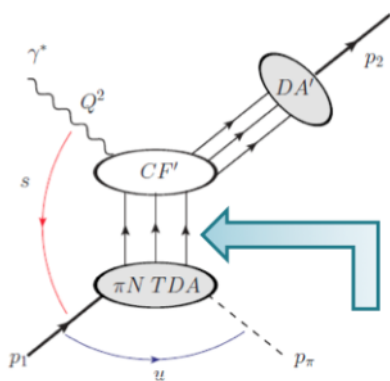
Кроме того, планируется рассмотреть космологические решения с параметром Хаббла обратно пропорциональным времени во врейме Эйнштейна.

7.3 Отчет с.н.с. к.ф.м.н. Кубаровского Алексея Валерьевича (установка CLAS, Jlab)

1. На данных эксперимента e1-6 на установке CLAS (Jefferson lab, USA) продолжается изучение рождения π^0 -мезонов в процессе $ep \rightarrow ep\pi^0$ с распадом $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ при больших переданных импульсах ($-t > 3 \text{ GeV}^2$). Теоретиками предсказывается рост дифференциального сечения рождения пионов при достижении обратного ("backward") режима, при котором пион движется назад в системе центра масс. Такой эффект объясняется при помощи введения в лагранжиан функций TDA (Transition Distribution Amplitudes), которые описывают обмен тремя кварками и «выбивание» кварк-антикварковой пары из протона. Исследование проводится в рамках программы по изучению внутренней структуры нуклонов на установке CLAS.

The transition distribution amplitudes

Generalized Parton Distributions (GPDs) offer a new way to access the quark and gluon nucleon structure.



The nucleon to meson transition distribution amplitudes (TDAs) are extension of the GPD concept to three quark operators and the relevance of their nucleon to meson matrix elements which factorize in backward meson electroproduction.

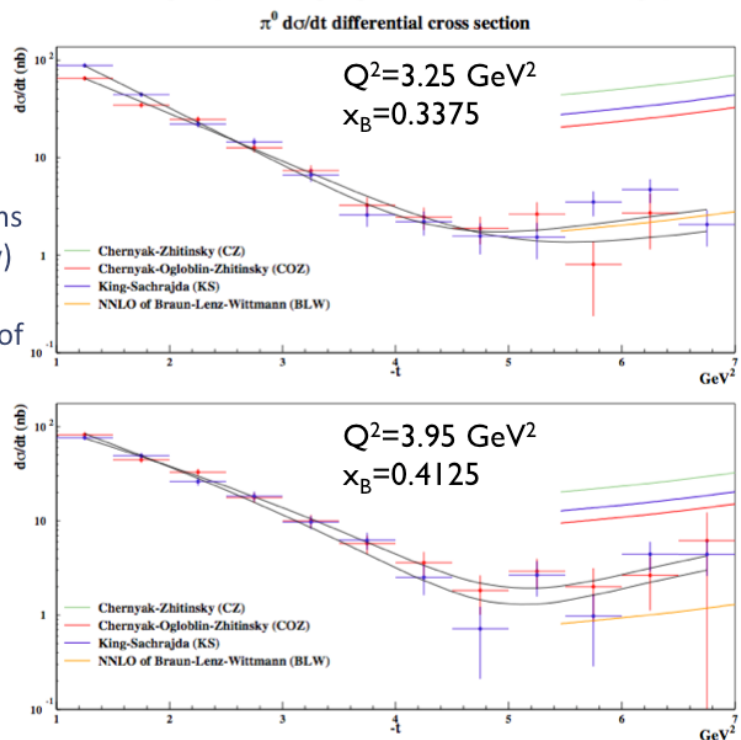
J. P. Lansberg, B. Pire, L. Szymanowski
Phys.Rev. D75 (2007) 074004, Erratum-ibid. D77 (2008) 019902

Полученные предварительные результаты показывают рост дифференциального сечения при больших переданных импульсах и согласуются с расчетами по модели TDA при выборе определенной функции DA (Distribution Amplitude) для нуклона (NNLO модификация Брауна-Ленца-Виттманна). Предварительные результаты доложены на конференции CIPANP-2012 (Eleventh Conference on the Intersections of Particle and Nuclear Physics, St. Petersburg, Florida, USA, Jun 3, 2012) и на итоговом совещании коллаборации CLAS. Результаты готовятся в публикации для обсуждения внутри коллаборации, а также будут опубликованы в материалах конференции CIPANP 2012 (в печати).

Red error bars – epy reaction
Blue error bars – epy(X) reaction

Comparison with theoretical calculations (provided by K. Semenov-Tyan-Shansky) shows that experimental points are consistent with TDA model with NNLO of Braun-Lenz-Wittmann nucleon DAs as input (orange line)

A.Lenz et al. Phys.Rev.
D79,093007 (2009)



2. Закончено тестирование 58-и фотоэлектронных умножителей для порогового детектора черенковского излучения для установки CLAS12.

3. Подготовлено предложение эксперимента для изучения электророждения Φ^0 -мезона на модернизированной установке CLAS12 с энергией электронного пучка 12 GeV. (co-spokesperson A. Kubarovsky) Предложение одобрено коллаборацией и включено в план экспериментов на CLAS12.

Публикации с участием А.В. Кубаровского за 2012 год:

1. **“Measurement of Exclusive π^0 Electroproduction Structure Functions and their Relationship to Transversity GPDs,”**
 I. Bedlinskiy *et al.* [CLAS Collaboration],
 Phys. Rev. Lett. **109**, 112001 (2012)
 arXiv:1206.6355 [hep-ex].
2. **“Deep exclusive π^+ electroproduction off the proton at CLAS”**
 K. Park *et al.* [CLAS Collaboration],
 arXiv:1206.2326 [nucl-ex].
 Submitted to PRC.
3. **“Experimental Study of the $P_{11}(1440)$ and $D_{13}(1520)$ resonances from CLAS data on $ep \rightarrow e'\pi^+\pi^-p'$ ”**
 V. I. Mokeev *et al.* [CLAS Collaboration],
 Phys. Rev. C **86**, 035203 (2012)
 arXiv:1205.3948 [nucl-ex].
4. **“A comparison of forward and backward pp pair knockout in $3\text{He}(e,e'pp)n$ ”**
 H. Baghdasaryan *et al.* [CLAS Collaboration],
 Phys. Rev. C **85**, 064318 (2012)
 arXiv:1202.5317 [nucl-ex].
5. **“Measurement of the generalized form factors near threshold via $\gamma^*p \rightarrow n\pi^+$ at high Q^2 ”**
 K. Park *et al.* [CLAS Collaboration],
 Phys. Rev. C **85**, 035208 (2012)
 arXiv:1201.0903 [nucl-ex].
6. **“Branching Ratio of the Electromagnetic Decay of the $\Sigma^+(1385)$ ”**
 D. Keller *et al.* [CLAS Collaboration],
 Phys. Rev. D **85**, 059903 (2012)
 arXiv:1111.5444 [nucl-ex].
7. **“Proton interactions with high multiplicity”**
 A. G. Afonin, A. N. Aleev, E. N. Ardashev, V. V. Avdeichikov, V. P. Balandin, S. G. Basiladze,
 M. A. Batouritski and S. F. Berezhnev *et al.* [SVD Collaboration],
 Phys. Atom. Nucl. **75**, 664 (2012)
 arXiv:1104.0101 [hep-ex].