

Отчет по исследованиям, проведенным в Лаборатории экспериментальной физики высоких энергий в 2011 г.

Краткий отчет о наиболее значимых результатах

В 2011 гг. сотрудниками НИИЯФ МГУ – участниками коллаборации CMS был проведен первый анализ данных получаемых детектором CMS коллайдера LHC, получены первые результаты измерения сечений одиночного рождения топ-кварка и параметра V_{tb} матрицы ККМ [Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 091802; CMS-PAS-TOP-10-008. 2011]. Впервые было экспериментально измерено сечение процесса ассоциативного рождения $t\bar{W}$ [CMS-PAS-TOP-11-022]. Проводится экспериментальный поиск рождения дополнительного векторного бозона в процессах рождения топ-кварка [CMS Note AN-11-404]. Все сервисы базы знаний моделируемых событий MCDB (<http://mcdb.cern.ch>) обеспечивались необходимым уровнем поддержки и использовались в коллаборации CMS в официальной цепочке моделирования. Проведена методическая работа по изучению Forward Energy Flow в эксперименте CMS и велась обработка данных калориметра CASTOR, в частности, была проведена абсолютная калибровка калориметра.

Проведен анализ новых данных набранных детектором D0 коллайдера Теватрон с интегральной светимостью 5.4 фб⁻¹. Новый анализ дал возможность провести более точные измерения сечений одиночного рождения топ-кварка и параметра V_{tb} матрицы ККМ, впервые удалось отдельно измерить t - и s -канальные вклады в одиночное рождение топ-кварка [Phys.Lett.B705(2011)313-319); arXiv:1108.3091, Phys.Rev.D84,112001(2011)]. Проведен модельно независимый поиск аномальных вкладов в вершину Wtb и установлены верхние ограничения на существование правых векторных и левых тензорных структур в данной вершине [arXiv:1110.4592 принято в Phys.Lett.B]. Проведено прямое измерение ширины топ-кварка [Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 022001].

Выполняется анализ данных эксперимента ZEUS по реконструкции резонансных состояний в системе 4-х пионов рожденных в ер-взаимодействиях. Продолжен начатый в 2010 году анализ по исследованию фрагментационных функций в области мишени в глубоко-неупругих ер-взаимодействиях в событиях с нейтральными токами на установке ZEUS. Впервые в ер-столкновениях проведён анализ скейлинговых импульсных распределений в области мишени Брейт системы на значимой статистике, включающей всю статистику HERA I. Осуществлялась поддержка пакета генераторов событий (проект «AMADEUS») и необходимых интерфейсов, проведена миграция проекта на новую программную платформу OS SL5. Осуществлялась поддержка участников ZEUS по теоретическим и математическим вопросам моделирования физических процессов в эксперименте.

В 2011 г. на установке СВД-2 был завершен набор статистики в эксперименте E-184 в пучке протонов с импульсом 50 ГэВ на ускорителе ИФВЭ У-70. Сравнение характеристик экзотического пятикваркового тета⁺-бариона (1530) и трехкваркового Лямбда-гиперона (1520) в рамках стандартной картины кварк-глюонного взаимодействия показало, что их различия связаны с динамикой образования. Получены топологические сечения заряженных частиц в рр-взаимодействиях при 50 ГэВ вплоть до $N_{зар}=24$ (ранее на камере Мирабель было зарегистрировано $N_{макс}=16$). Измерялись флуктуации числа нейтральных пионов как функция полного числа частиц в событии. При $N_{total}>22$ флуктуации возрастают, что в некоторых статистических моделях указывает на приближение системы с большим числом пионов к состоянию пионного конденсата. Данный эффект наблюдался впервые.

Доказано, что бесконечные ряды в формулах Швингера для рождения пар частиц в сильных полях допускают точное суммирование, вычислены вероятности рождения пар в лазерных полях. Вычислена величина авто-эмиссионного тока инициируемого e^+ пучком в e^+e^- коллайдере CLIC. Построены цепочки суперсимметричных преобразований пропагаторов обобщенного уравнения Шредингера. Установлено, что решения уравнений

модифицированной гравитации в пространстве де Ситтера являются стабильными при отрицательных и положительных космологических постоянных; найдены ограничения на стабильность при нулевой космологической постоянной. Рассмотрено столкновение заряженных мембранных стенок в пятимерном пространстве анти де Ситтера. В рамках гравитации Меллера 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 в семимерном пространстве времени [PoS QFTHEP2011: 079, 2011; arXiv:1108.2654] . Построено обобщение моделей со спонтанной компактификацией типа Фройнда-Рубина для теорий с числом измерений пространства-времени больше семи.

Детальный отчет

Объект исследований

Процессы с рождением частиц на современных ускорителях.

Участники

Дудко Л.В. (Зав. лаб., к.ф.-м.н.), Тихонова Л.А. (Вед. научн. сотр., д.ф.-м.н.), Голубков Ю.А. (Вед. научн. сотр., д.ф.-м.н.), Зоткин С.А. (н.с., к.ф.-м.н.), Кузьмин В.А. (с.н.с., к.ф.-м.н.), Левченко Б.Б. (с.н.с., к.ф.-м.н.), Хейн Л.А. (с.н.с., к.ф.-м.н.), Щеглова Л.М. (с.н.с., к.ф.-м.н.), Попов В.В. (н.с., к.ф.-м.н.), Катков И.И. (н.с., к.ф.-м.н.), Кубаровский А.В. (с.н.с. к.ф.-м.н.), Перфилов М.А. (н.с., к.ф.-м.н.), Маркина А.А. (н.с.), Зоткин Д.С. (м.н.с.), Кейзеров С.И. (м.н.с.), Попов А.А. (Техник-программист), Поздеева Е.О. (н.с.).

Цель работы

Проверка теоретических моделей и измерение параметров моделей. Изучение механизмов рождения частиц и фундаментальных взаимодействий.

Методы выполнения исследований

Анализ экспериментальных данных коллабораций D0, CBД, ZEUS, CMS. Теоретические расчеты и моделирование. Сравнение предсказаний различных теорий с данными экспериментов.

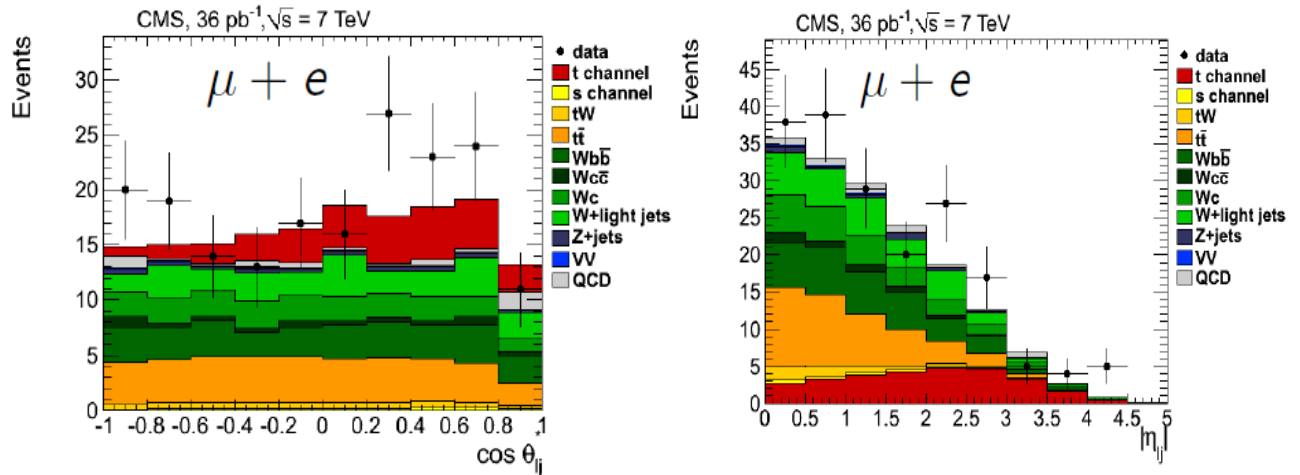
Результаты

Исследования в эксперименте CMS

Поиск одиночного рождения топ-кварка в эксперименте CMS.

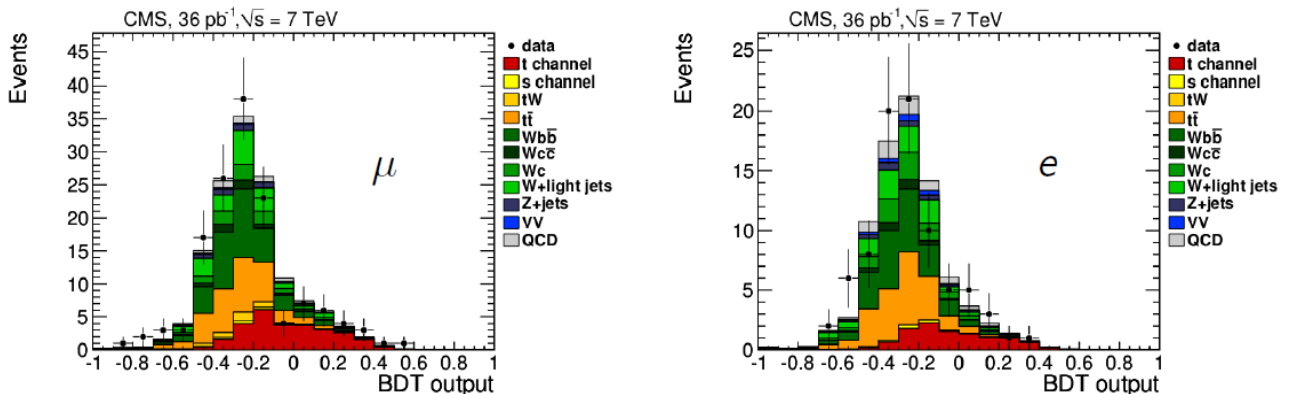
Э.Э. Боос, В.В. Буничев (ОТФВЭ), Л.В. Дудко, А.А. Маркина, А.А. Попов, М.А. Перфилов,

Проведен анализ первых данных набранных детектором CMS. Исследовалось одиночное рождение топ-кварка в t - и tW -каналах. Поиск t -канального рождения топ-кварка дал возможность измерить сечение этого процесса, двумя методами, и установить нижнее ограничение на параметр V_{tb} матрицы ККМ [Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 091802; CMS-PAS-TOP-10-008. 2011]. Первый метод анализа основан на идеи максимальной простоты и минимизации систематической ошибки. За основу бралось фитирование двух характерных для сигнала распределений изображенных на следующем рисунке:

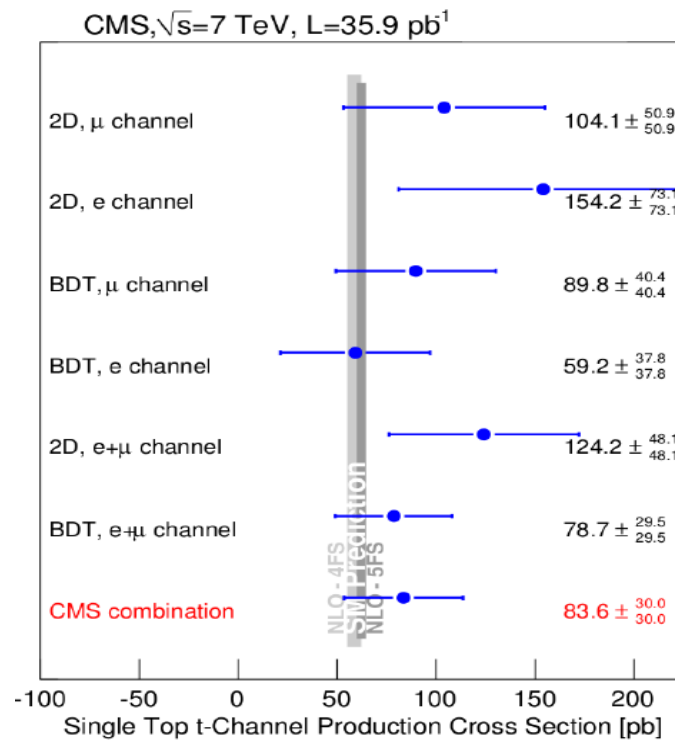


Изображенные переменные отражают хорошо изученную спиновую корреляцию в рождении и распаде топ-кварка в t -канальном процессе рождения ($\cos \Theta$) и ярко выраженную угловую зависимость вылета кварков в сигнале, проявляющуюся в распределении по псевдорapidити струй $|\eta|$.

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 следующих рисунках:



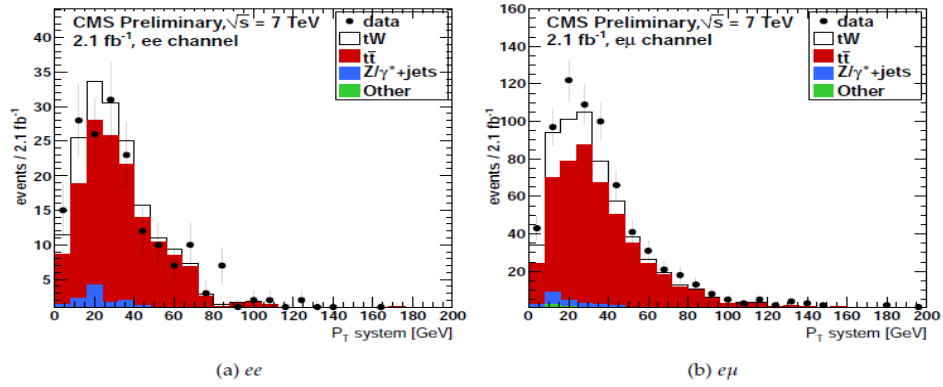
Проведена оценка всех систематических неопределенностей для каждого из методов и получены результаты по измерению сечения t-канального процесса рождения одиночного топ-кварка в событиях с рождением электрона или мюона связанного с распадом W бозона происходящего от топ-кварка. Результаты измерения сечения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



Проведено объединение результатов двух методов и получено усредненное по всем измерениям значение сечения с уровнем статистической достоверности в 3.7 стандартных отклонения. Измеренное сечение согласуется с предсказанием Стандартной модели. На основе проведенных измерений была сделана оценка на величину элемента V_{tb} матрицы ККМ, нижнее ограничение составило для двумерного (многомерного) методов анализа:

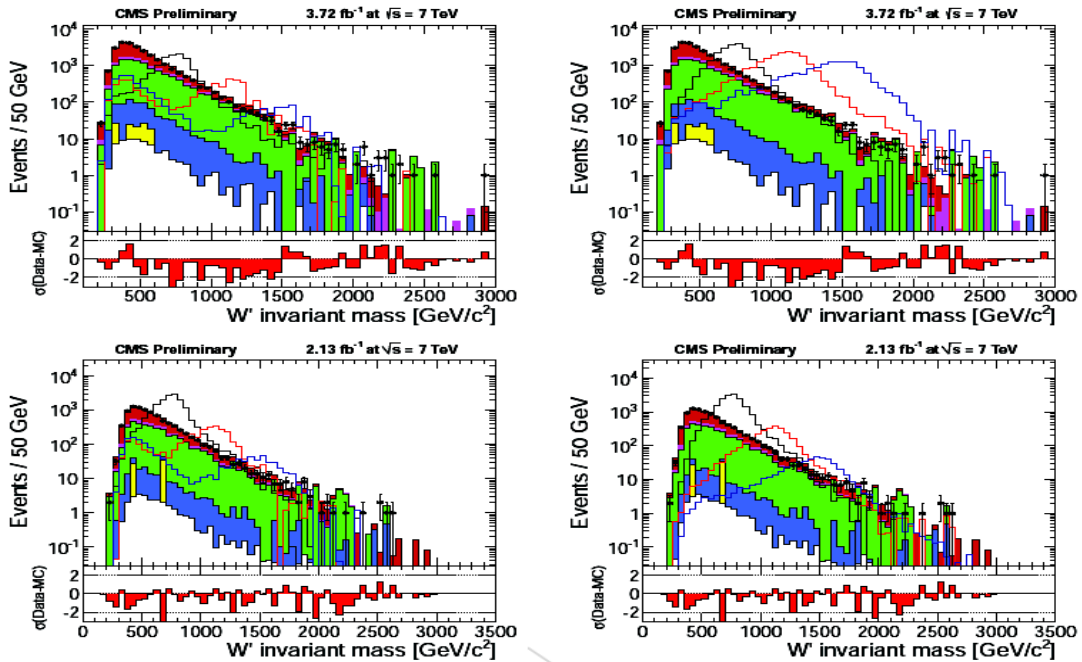
$$|V_{tb}| > 0.62 (0.68)$$

Впервые проведен экспериментальный поиск tW-канала одиночного рождения топ-кварка [CMS-PAS-TOP-11-022]. После анализа экспериментальной статистики в 2.1 фб-1 удалось измерить сечение на уровне статистической достоверности в 2.7 стандартных отклонения на основе счетного эксперимента без применения многомерных методов анализа. Используемые распределения приведены на следующих рисунках:



Измеренное сечение $22 (+9 -7)$ пб согласуется с предсказаниями Стандартной модели.

Проводится поиск возможного проявления дополнительного векторного бозона W' в каналах с рождением топ-кварка и в прямом распаде W' в лептоны. Используется модельно независимый подход разработанный в НИИЯФ МГУ учитывающий все возможные комбинации взаимодействий W' с фермионами и учет интерференции W' и W в Стандартной модели. Охватывается диапазон масс вплоть до 3 ТэВ. Результаты готовятся к публикации от имени CMS коллаборации [CMS Note AN-11-404, CMS-PAS-EXO-11-088]



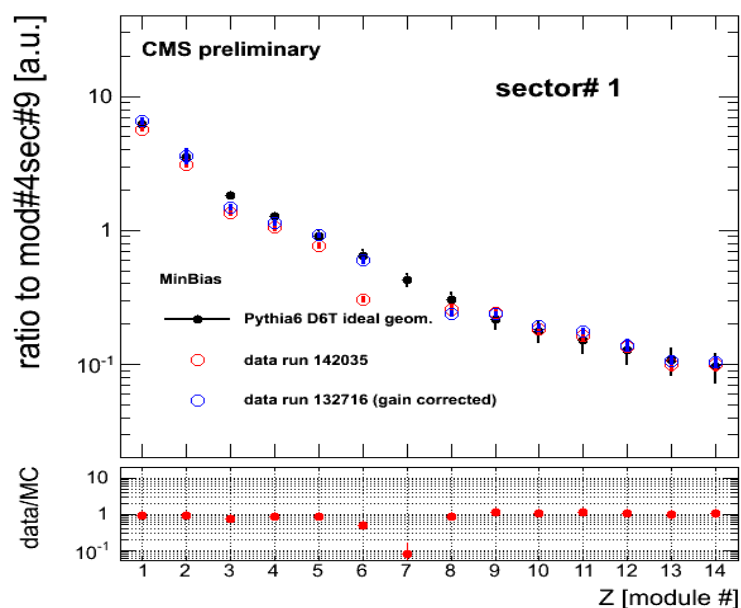
Полный список публикаций доступен [здесь](#).

Подсистема CASTOR эксперимента CMS

Л.А.Хейн, И.И.Катков

Сбор данных с участием калориметра CASTOR продолжался на протяжении всего 2011 года, включая сеансы работы при энергиях протонного пучка в 3,5 ТэВ и 1,38 ТэВ, а также сеансы соударений ионов. Особый интерес представляют сеансы совместной работы с экспериментом TOTEM.

Относительная калибровка каналов, проведенная с помощью триггера регистрирующего мюоны протонного гало, позволила провести детальное сравнение продольного и азимутального профилей энергосодержания в калориметре с моделированием. Есть указания на необходимость дальнейшей методической работы по оценке эффектов неидеальной геометрии, деградации отклика под воздействием радиации, выхода сигналов за пределы динамического диапазона.



Оценка абсолютной калибровки, полученная экстраполяцией зависимости энергии от псевдобыстроты из адронного калориметра HF в CASTOR, позволяет раскрыть полный потенциал калориметра в анализе протон-протонных и тяжелоионных данных, таких как исследование дифракционных процессов, изучение зависимости энергосодержания от псевдобыстроты и энергии в системе центра масс и др. Анализ зависимости энергосодержания от псевдобыстроты и энергии на основе протон-протонных данных, выполняемый коллегами из Антверпена и Гамбурга, близок к выходу на уровень одобрения коллаборацией. Планируется проведение сходного анализа на основе тяжелоионных данных, а также протон-протонных данных, полученных при энергии протонного пучка в 1,38 ТэВ (что соответствует энергии в системе центра масс на нуклон в тяжелоионных соударениях).

В середине декабря детектор будет снят с установки. При этом будет проведен тест того, насколько быстро возможно установить детектор вновь при откачанном вакуумном канале установки. Сообразно результатам данного теста планируется смена фотодетекторов калориметра и его участие в обновленном виде в сборе данных в конце 2012 году, когда планируется проведение сеансов протон-ионных соударений, чрезвычайно интересных, в частности, для сообщества, исследующего космические лучи при сверхвысоких энергиях.

Была решена оказавшаяся наиболее сложной методическая задача измерений с калориметром CASTOR - абсолютная калибровка. Калибровка основывалась на экстраполяции в калориметр CASTOR зависимости от псевдобыстроты ($\sqrt{s}$) потока энергии, измеренной в калориметре HF, который прилегает к CASTOR по $\sqrt{s}$. На рисунке 1 приводятся результаты измерения потока энергии в HF как функции $\sqrt{s}$, поправленного к адронному уровню. Приводятся также предсказания различных Монте-Карло.

$\sqrt{s}$ -зависимость приблизительно линейна в логарифмическом масштабе, соответственно, используется экспоненциальная экстраполяция. Так как все модели приводят к небольшому завышению энергии в при экспоненциальной экстраполяции, вводится поправка на это завышение. Распределение поправки для 9 версий используемых Монте-Карло приводится на рисунке 2. Среднее значение составляет 1.309. RMS составляет 6% и принимается в качестве оценки неопределённости экстраполяции.

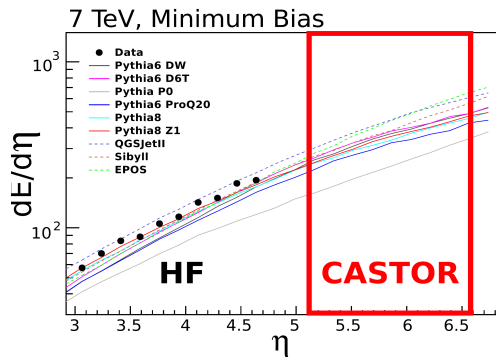


Рисунок 1

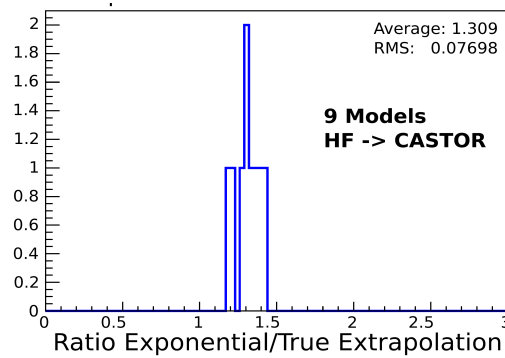


Рисунок 2

Остальная неопределённость определяется ошибкой абсолютной калибровки, которая оценивается в 3% и неопределённостью коррекции к адронному уровню в калориметре HF, оцениваемой <10%. Таким образом, полная неопределённость оценивается в:

$$\Delta_{\text{tot}} = \sqrt{(6\%)^2 + (3\%)^2 + (10\%)^2} \approx 12\%.$$

Вышеописанная процедура дала для среднего потока энергии, падающего на CASTOR для класса minimum bias событий значение 581 GeV.

Измеренный сигнал в CASTOR составил 20960 fC. Отношение первого значения ко второму даёт калибровочный фактор для minimum bias событий. Абсолютная калибровка подразумевает падающий электрон. Разница отклика калориметра на набор частиц, падающих на CASTOR в случае minimum bias селекции, и на электрон определяется некомпенсированностью и нелинейностью калориметра.

Отношение откликов было определено по следующей формуле:

$$R_{\text{minbias}/e} = \frac{\sum E_{\gamma} + 0.75 \sum E_h \cdot R_{\pi/e}(E_h)}{\sum E_{\gamma} + \sum E_h}$$

Здесь E_{γ} и E_h - полученные при моделировании энергии фотонов и адронов, падающих на CASTOR в minimum bias наборе событий, $R_{\pi/e}$ - отношение сигнала от пиона к сигналу от электрону, полученное в измерениях с тестовым пучком и фактор 0.75 возник оттого, что только первые 5 модулей использовались при подсчёте сигнала в CASTOR.

Так как энергетические спектры частиц, падающих на CASTOR различаются в различных генераторах, различными получаются и значения фактора R .

На рисунке 3 приводятся эти значения для 9 версий Монте Карло. Среднее значение составляет 0.55 с RMS ~2%.

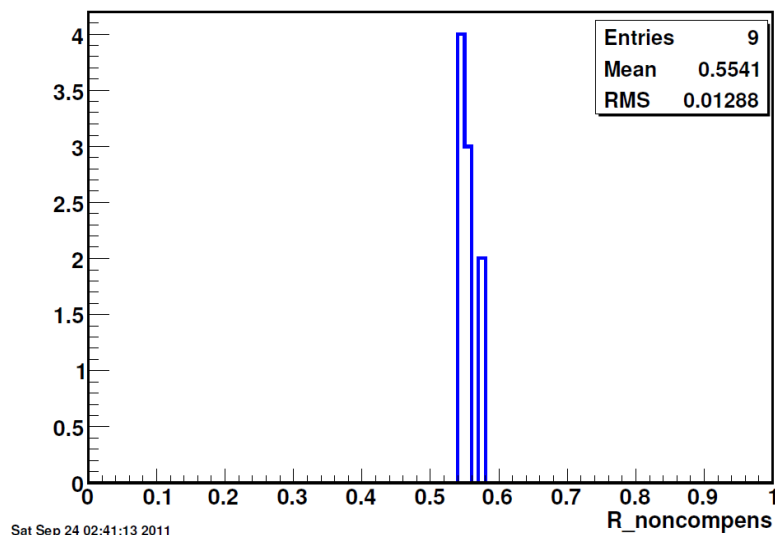


Рисунок 3

Окончательное значение для фактора абсолютной калибровки получается равным:
 $C = 581 \text{ GeV} / 20960 \text{ fC} \cdot 0.55 = 0.015 \text{ GeV/fC}$

Доклады на конференциях:

I. Katkov,
 "CMS results on diffraction",
 WE-Heraeus-Summerschool "Diffractive and electromagnetic processes at high energies", 5-9 Sep 2011, Heidelberg (Germany)

I. Katkov,
 "QCD and forward results from CMS", "LHC on the march", 16-18 Nov 2011, Protvino (Russian Federation)"

Планы на 2012 год:

Продолжение решения методических проблем калориметра CASTOR.

Участие в физической тематике Forward Physics group, в частности, связанной с CASTOR.

База знаний смоделированных событий — MCDB для LHC/CMS. А.А. Белов (ОИЯИ), Л.В. Дудко, Д.В. Кекелидзе (ОИЯИ)

Библиотека смоделированных событий, или «База знаний» MCDB (<http://mcdb.cern.ch>) в 2011 году официально являлась частью полной цепочки моделирования событий в коллаборации CMS и при массовом моделировании в среде распределенных вычислений GRID. Такое использование потребовало обеспечить высокий уровень стабильности сервиса, что потребовало значительных усилий разработчиков. Для удовлетворения потребностей пользователей был внесен целый ряд изменений в функциональность MCDB. База знаний MCDB предоставляет инфраструктуру для хранения и распространения событий моделируемых экспертами для экспериментальных коллабораций коллайдера 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). За прошедший год были созданы и внедрены интерфейсы мониторинга сервисов MCDB интегрированные с IT инфраструктурой ЦЕРН. В настоящий момент база знаний заполняется 107 экспертами (99 из CMS, 4 из ATLAS, 4 из LCG) и содержит 2885 статей описывающих 44791 наборов событий в формате LHEF, общим объемом 8.2 ТБ.

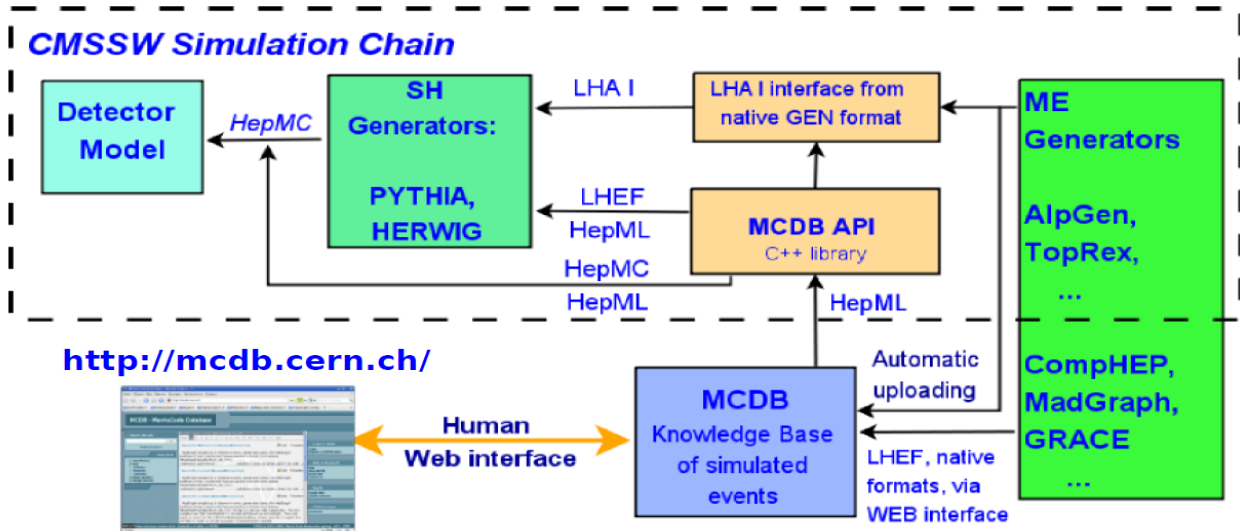


Рисунок. Схема интерфейсов MCDB в коллаборации CMS.

Исследования в коллаборации D0 (Теватрон, Фермилаб)

Э.Э. Боос, В.В. Буничев (ОТФВЭ), И.П. Волобуев (ОТФВЭ), Л.В. Дудко, В.А. Кузьмин, М.А. Перфилов, М.А. Смоляков (ОТФВЭ).

Проведенный анализ дополнительной экспериментальной статистики позволил более точно измерить сечения рождения одиночного топ-кварка и параметра V_{tb} матрицы ККМ. На статистике 5.4 фб-1 были получены следующие результаты [arXiv:1108.3091, Phys. Rev. D **84**, 112001 (2011)] для полного сечения рождения одиночного топ-кварка в двух каналах рождения $\sigma(pp \rightarrow tqb+X, pp \rightarrow tb+X) = 3.43 \pm 0.74$. Доступная статистика и дополнительный анализ позволили разделить разные вклады в одиночное рождение топ-кварка и провести более точные измерения. Впервые были сделаны отдельные измерения сечений для разных каналов рождения, полученные результаты для t-канального процесса $\sigma(pp \rightarrow tqb+X) = 2.86 \pm 0.69$ и для s-канального процесса $\sigma(pp \rightarrow tb+X) = 0.68 \pm 0.38$. Новые ограничения на параметр V_{tb} составили $|V_{tb}| > 0.79$ на уровне достоверности 95%. На следующем этапе, удалось модельно-независимым образом зарегистрировать процесс t-канального рождения топ-кварка на уровне достоверности в 5.5 стандартных отклонений [Phys.Lett. B**705** (2011) 313-319]. Впервые было отдельно измерено сечение t-канального процесса рождения $\sigma(pp \rightarrow tqb+X) = 2.90 \pm 0.59$ (stat + syst) без дополнительных ограничений на другие процессы. Отдельное измерение вкладов t- и s-канального рождения одиночного топ-кварка является важным этапом при поиске отклонений от предсказаний Стандартной модели в секторе топ-кварка. Необходимо отметить, что процесс s-канального рождения сильно подавлен на коллайдере ЛНС и исследования на Теватрон предоставляют уникальную возможность проверки проявления дополнительных заряженных резонансов (W' , H^+) в этом процессе, а такие измерения, в свою очередь, требуют более тонкого разделения различных каналов рождения одиночного топ-кварка.

Проведен поиск отклонений в структуре Wtb вершины Стандартной модели [arXiv:1110.4592 принято в Phys.Lett.B]. Модельно независимым образом были исследованы правые и левые, векторные и тензорные структуры в Wtb вершине и установлены ограничения на возможные их проявления.

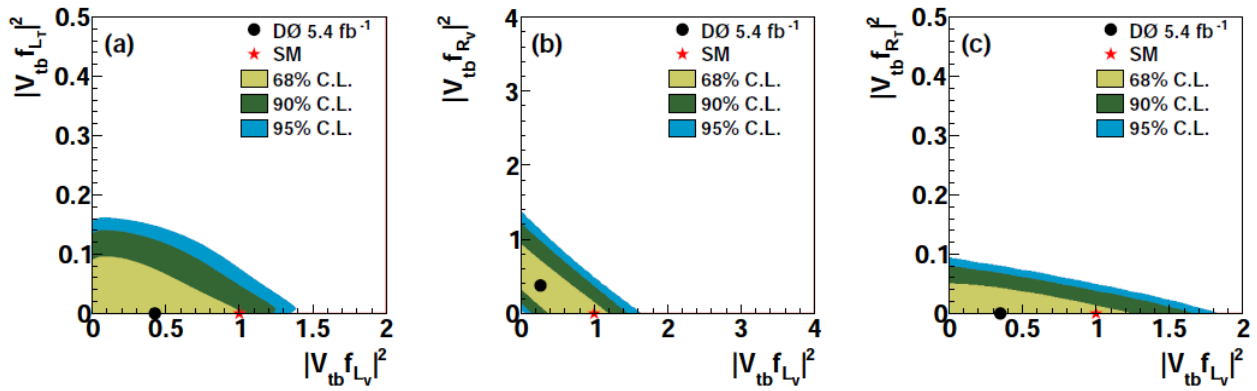
$$\mathcal{L} = -\frac{g}{\sqrt{2}} \bar{b} \gamma^\mu (L_V P_L + R_V P_R) t W_\mu^- - \frac{g}{\sqrt{2}} \bar{b} \frac{i\sigma^{\mu\nu} q_\nu}{M_W} (L_T P_L + R_T P_R) t W_\mu^- + h.c.,$$

$$P_L = (1 - \gamma_5)/2 \quad L_{V,T} = V_{tb} \cdot f_{L_{V,T}}$$

$$P_R = (1 + \gamma_5)/2 \quad R_{V,T} = V_{tb} \cdot f_{R_{V,T}}$$

Получены следующие одномерные и двумерные (контуры) ограничения на аномальные параметры:

Scenario	Cross section	Coupling
(L_V, L_T)	$< 1.21 \text{ pb}$	$ V_{tb} \cdot f_{L_T} ^2 < 0.13$
(L_V, R_V)	$< 2.81 \text{ pb}$	$ V_{tb} \cdot f_{R_V} ^2 < 0.93$
(L_V, R_T)	$< 0.60 \text{ pb}$	$ V_{tb} \cdot f_{R_T} ^2 < 0.06$



Проведено прямое измерение ширины топ-кварка на основании измеренного сечения одиночного рождения топ-кварка, измеренное значение ширины составило $\Gamma_t = 1.99^{+0.69}_{-0.55}$ ГэВ что согласуется с предсказаниями Стандартной модели [Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 022001]. Продолжена работа по исследованию поляризации J/psi рожденных в протон-антипротонных взаимодействиях. Исследованы возможные систематические неопределенности результата из-за неточностей в моделировании установки. Подготовлены несколько наборов МС с поляризованными J/psi для проверки всей цепочки реконструкции параметра поляризации и программно-математического обеспечения метода восстановления поляризации. Результаты представлены на внутренних семинарах коллаборации Д0 и отражены в препринте коллаборации Д0. Результаты проходят одобрения для публикации от имени Д0 коллаборации. Начата работа по обработке всех экспериментальных данных, собранных коллаборацией Д0 для получения данных о поляризации J/psi и Упсилония при, более высоких поперечных импульсах, а также изучения парного рождения J/psi.

Построен эффективный модельно-независимый четырехмерный лагранжиан, отвечающий вкладу Калуца-Клейновских возбуждений калибровочных бозонов в теориях с дополнительными измерениями пространства-времени [arXiv:1106.2400, принято в ТМФ]. Исследован вклад башен калибровочных бозонов W' и Z' в процессы с участием W и Z бозонов. А именно, в первом случае был рассмотрен процесс одиночного рождения топ-кварка, во втором случае был рассмотрен процесс Дрелла-Яна (необходимо отметить, что в этом случае также был учтен вклад башни Калуца-Клейновских фотонов). Особенностью данного рассмотрения является учет не только первой Калуца-Клейновской моды, но и высших Калуца-Клейновских мод. Это сделано с помощью дополнительного члена в эффективном четырехмерном лагранжиане, описывающего контактное взаимодействие определенного вида полей СМ. Продемонстрированы характерные изменения хвостов распределений в процессах рассеяния частиц при энергиях, а также эффект деструктивной интерференции. Явно продемонстрирован вклад башен Калуца-Клейновских мод. Данные результаты представляют интерес для анализа экспериментальных данных, накопленных в рамках эксперимента Д0.

Изучены некоторые теоретические аспекты моделей «мира на бране», а именно, механизм удержания полей на бране в модели с бесконечным дополнительным измерением [arXiv:1111.1366]. В основу модели взят наиболее известный механизм локализации киральных фермионов на доменной. Рассмотрена модель, объединяющая механизмы локализации как фермионов, так и калибровочных бозонов. Сектор нулевых мод в модели воспроизводит четырехмерную спинорную электродинамику, также в эффективной четырехмерной теории существуют непрерывные спектры массивных (с четырехмерной точки зрения) фермионов и калибровочных бозонов. Достоинством модели является то, что она обеспечивает универсальность заряда, что является необходимым условием для построения реалистичных моделей локализации полей на бране, а также наличие массовой щели между нулевыми модами и модами из непрерывных спектров. Однако, оказалось, что наличие непрерывного спектра массивных фермионов в эффективной четырехмерной теории

приводит к расхождением в амплитудах некоторых стандартных процессов квантовой электродинамики (в частности, был рассмотрен процесс рассеяния фотона на фотоне), при этом данные расхождений, в отличие от случая обычной квантовой электродинамики, не могут быть устранены методами теории перенормировок. Таким образом, комбинирование определенных механизмов локализации полей на бране может приводить к противоречивым результатам, что необходимо учитывать при построении и изучении механизмов удержания материи на бранах, а также при выработке предсказаний для экспериментальной проверки моделей такого типа.

Рассмотрен новый механизм смешивания полей Хиггса и радиона в стабилизированной модели Рэндалл-Сундрума, основанный на спонтанном нарушении симметрии СМ с участием стабилизирующего скалярного поля. Показано, что в этом случае параметры смешивания определяются не только этими полями, но также и всей Калуца-Клейновской башней возбуждений скалярного поля, что может приводить к значительной модификации коллайдерной феноменологии бозона Хиггса. Полученные результаты представляют интерес для экспериментальных поисков этой частицы.

2) Планы на 2012 год:

Готовится экспериментальный анализ всех доступных данных набранных детектором D0 за время работы коллайдера Теватрон. Ожидаемая экспериментальная статистика составит больше 10 fb^{-1} , что даст возможность существенно увеличить точность измеренных параметров и ужесточить экспериментальные ограничения на различные проявления отклонений от Стандартной модели. В 2012 году планируется увеличение точности измерения сечений t - и s -канальных процессов рождения одиночного топ-кварка. Планируется поиск возможного проявления рождения скалярного заряженного бозона ($H^\pm$) в s -канальном рождении одиночного топ-кварка. Анализ будет включать аномальные векторные операторы левых и правых токов в модельно независимой форме. Готовится экспериментальный поиск заряженного дополнительного векторного бозона (W') в процессах с рождением одиночного топ-кварка. Будут рассмотрены несколько типов возможных теоретических моделей приводящих к таким процессам, в том числе, модели с дополнительными измерениями пространства-времени, в которых необходимо учитывать вклад высших Калуца-Клейновских мод. Планируется дальнейшее изучение поляризации J/ψ частиц для восстановления полного вектора поляризации путем изучения поведения дополнительных проекций вектора поляризации и изучение азимутальной составляющей вектора поляризации в различных системах отсчета. Изучение поляризации при больших поперечных импульсах J/ψ на базе большей статистики, собранной экспериментом D0. Планируется продолжить изучение как возможных экспериментальных проявлений моделей с дополнительными измерениями пространства-времени на ускорителе Теватрон, так и теоретических аспектов таких моделей, позволяющих лучше понять общую структуру многомерных теорий и увеличить их предсказательную силу.

4) Защищенные диссертации:

М.А. Перфилов (8 апреля 2011) «Поиск эффектов за рамками Стандартной модели в процессах одиночного рождения t -кварка в эксперименте D0 на коллайдере TEVATRON»

5) Публикации по теме: 7

1. [Search for anomalous \$Wtb\$ couplings in single top quark production in \$pp^-\$ collisions at \$\sqrt{s}=1.96\$ TeV.](#)
D0 Collaboration ([Victor Mukhamedovich Abazov \(Dubna, JINR\) et al.](#)). FERMILAB-PUB-11-561-E-PPD, Oct 2011.
e-Print: [arXiv:1110.4592 \[hep-ex\]](#), Submitted to Phys.Lett.B
2. Measurements of single top quark production cross sections and [|V_{tb}| in \$pp^-\$ collisions at \$\sqrt{s}=1.96\$ TeV.](#)

D0 Collaboration (Victor Mukhamedovich Abazov (Dubna, JINR) et al.). FERMILAB-PUB-11-380-E. Aug 2011. 11 pp.
e-Print: arXiv:1108.3091 [hep-ex], Phys. Rev. D 84, 112001 (2011)

3. Model-independent measurement of t -channel single top quark production in pp^- collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV.
D0 Collaboration (Victor Mukhamedovich Abazov (Dubna, JINR) et al.). FERMILAB-PUB-11-216-E. May 2011. 8 pp.
Published in **Phys.Lett. B705 (2011) 313-319**
e-Print: **arXiv:1105.2788 [hep-ex]**
4. Determination of the width of the top quark.
D0 Collaboration (Victor Mukhamedovich Abazov (Dubna, JINR) et al.). FERMILAB-PUB-10-394-E. Sep 2010. 7 pp.
Published in **Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 022001**
e-Print: **arXiv:1009.5686 [hep-ex]**
5. Searches for W' and Z' in models with large extra dimensions.
E.E. Boos, M.A. Perfilov, M.N. Smolyakov, I.P. Volobuev. SINP-MSU-2011-1-865. Jun 2011. 7 pp.
e-Print: **arXiv:1106.2400 [hep-ph]** (принято в журнал Теоретическая и математическая физика)
6. «On unremovable divergencies in four-dimensional electrodynamics localized on a domain wall», M. Smolyakov, e-Print:arXiv:1111.1366 [hep-th]
7. «Prompt J/psi Polarization» V. Kuzmin D0-Note-5782

Полный список публикаций доступен [здесь](#).

6) Доклады на конференциях: 4

XX-е Международное рабочее совещание «Физика высоких энергий и квантовая теория поля», г. Сочи, Россия, 24-30 сентября 2011, М. Perfilov for the D0 and CDF collaborations “Top Quark Physics at the Tevatron”.

XX-е Международное рабочее совещание «Физика высоких энергий и квантовая теория поля», г. Сочи, Россия, 24-30 сентября 2011, E.E.Boos, V.Bunichev, L.Dudko, M.Perfilov “Technical aspects of the search for anomalous Wtb couplings”.

Сессия-конференция секции ЯФ ОФН РАН «Физика фундаментальных взаимодействий», г.Москва, Россия, 21-25 ноября 2011, L.Dudko for the D0 and CDF collaborations “Top Quark Physics at the Tevatron”.

XX-е Международное рабочее совещание «Физика высоких энергий и квантовая теория поля», г. Сочи, Россия, 24-30 сентября 2011, I.P. Volobuev “A new mechanism of Higgs-radion mixing”.

Исследования в коллаборации СВД

Л.А. Тихонова, А.А. Кубаровский, В.В. Попов

В 2011 г. на установке СВД-2 был завершен набор статистики в эксперименте E-184 в пучке протонов с импульсом 50 ГэВ на ускорителе ИФВЭ У-70. Вновь набранная в 2010-2011 гг. статистика превышает предыдущую (при 70 ГэВ) более чем в 2 раза. Это позволит определить сечение и изучить спектры очарованных барионов в околороговой области энергий. Что особенно важно, так как данные об очарованных барионах при энергиях менее 100 ГэВ практически отсутствуют.

В 2011 году изучались спектры и A -зависимость странных барионов. Сравнение характеристик экзотического пятикваркового тета $^+$ -бариона (1530) и трехкваркового Лямбда-гиперона (1520) в рамках стандартной картины кварк-глюонного взаимодействия показало, что их различия связаны с динамикой образования.

В 2011 году был проведен физический анализ 500,000 pp событий с большой множественностью:

- 1) получены топологические сечения заряженных частиц в pp -взаимодействиях при 50 ГэВ вплоть до $N_{зар}=24$ (ранее на камере Мирабель было зарегистрировано $N_{макс}=16$)
- 2) Измерялись флуктуации числа нейтральных пионов как функция полного числа частиц в событии. При $N_{total}>22$ флуктуации возрастают, что в некоторых статистических моделях указывает на приближение системы с большим числом пионов к состоянию пионного конденсата. Данный эффект наблюдался впервые.

В 2011 году продолжалась модернизация установки СВД-2: главным образом, ремонтировались пропорциональные камеры магнитного спектрометра и испытывались новые усилители-формирователи для них.

Публикации 2011:

- В.В. Авдейчиков и др., "Триггер событий с высокой множественностью заряженных частиц установки СВД-2" ПТЭ № 2(2011) с. 1-11
- Е.Н.Ардашев и др.(Сотрудничество СВД-2), " Свойства нейтральных очарованных мезонов в pA -взаимодействиях при 70 ГэВ" ЯФ 2011, т. 74, №2, с. 342-349.
- Е.Н.Ардашев и др.(Сотрудничество СВД-2), " Топологические сечения в pp -взаимодействиях при 50 ГэВ". Препринт ИФВЭ 2011-4 (направлено в ЯФ).
- Е.Н.Ардашев и др.(Сотрудничество СВД-2), " Флуктуации числа нейтральных пионов при большой множественности в pp -взаимодействиях при 50 ГэВ". Препринт ИФВЭ 2011-5 (направлено в ЯФ).

Участие в эксперименте ZEUS

Голубков Ю.А., Левченко Б.Б., Хейн Л.А., Щеглова Л.М.

Сотрудники НИИЯФ МГУ участвуют в разработке и реализации системы сохранения данных, полученных с помощью детектора ZEUS, как часть международной программы «DPHEP» (Data Preservation in High Energy Physics), в задачи которой входят унификация данных, полный перевод всех данных с файлов прошлого поколения MDST на формат нового поколения Common Ntuple (CN), создание механизма, позволяющего в долгосрочной перспективе (15 лет и более) производить Монте Карло моделирование (MC) и создавать CN после того, как ныне работающая система их производства будет остановлена.

Ответственностью НИИЯФ МГУ является непосредственная реализация программы создания общих нтуплов (Common Ntuple Production, CN). Программа CN дает экономию ресурсов хранения информации, времени обработки экспериментальных данных, делает анализ универсальным для всех физических исследований, проводимых в рамках коллаборации ZEUS и, в перспективе, пригодной для долгосрочного использования. В 2011 году было отработано и произведено файлов CN (~150 ТераБайт):

v05 DATA : 410 миллионов событий, 9.9 ТераБайт данных.

v05 MC : 114 миллионов событий, 10.1 ТераБайт данных.

v06 DATA : 563 миллионов событий, 12.5 ТераБайт данных.

v06 MC : 2093 миллионов событий, 118.5 ТераБайт данных.

Среди наиболее значимых следует отметить следующие физические результаты, полученные при активном участии физиков НИИЯФ МГУ в эксперименте ZEUS (ZEUS) в 2011 году.

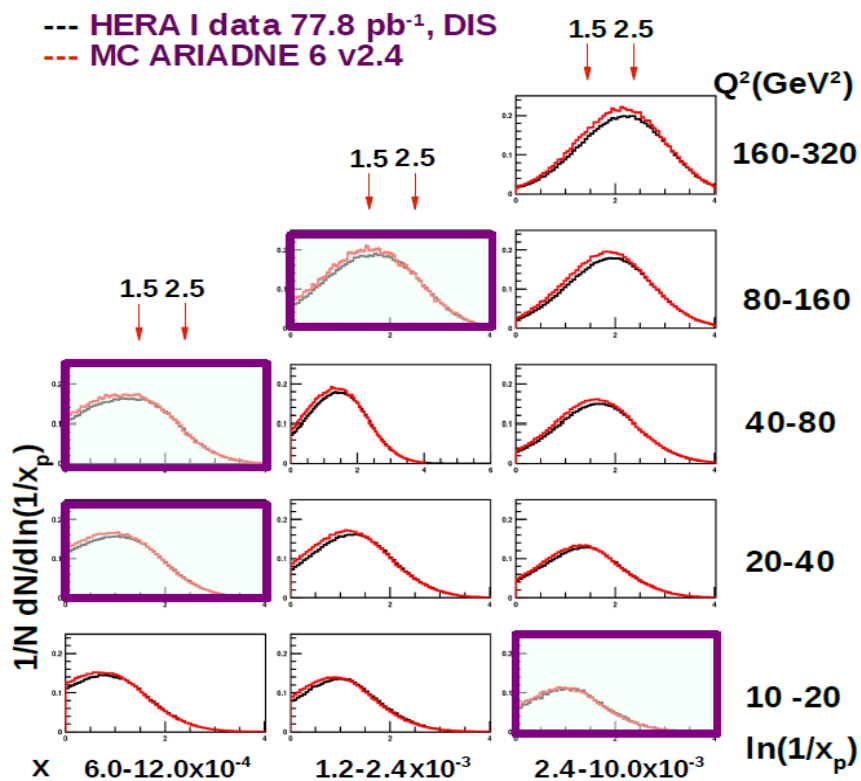


Рис. 1

Выполняется анализ данных эксперимента ZEUS по реконструкции резонансных состояний в системе 4-х пионов рожденных в ер-взаимодействиях. Продолжен начатый в 2010 году анализ по исследованию фрагментационных функций в области мишени в глубоко-неупругих ер-взаимодействиях в событиях с нейтральными токами на установке ZEUS. Исследование процессов фрагментации кварков в столкновениях при высоких энергиях является важным тестом предсказаний пертурбативной Квантовой Хромодинамики (пКХД). Целью данного исследования является изучение скейлинговых импульсных распределений $x_p = 2P_{\text{Breit}}/Q$ (P_{Breit} – импульс адрона в Брейт системе, Q – виртуальность обменного бозона) в области мишени в широких интервалах Q^2 ($10 < Q^2 < 320 \text{ ГэВ}^2$) и скейлинговой переменной Бьёркена x ($6 \times 10^{-4} < x < 2.4 \cdot 10^{-3}$).

Анализ процессов фрагментации в области мишени Брейт системы на значимой статистике, включающей всю статистику HERA I, проводится впервые в ер-столкновениях. На рис.1 представлены $\ln(1/x_p)$ скейлинговые распределения для областей $10 < Q^2 < 320 \text{ ГэВ}^2$ и $6 \times 10^{-4} < x < 1.0 \times 10^{-2}$. Использование всей статистики HERA I (по сравнению с данными ZEUS 1995г., 6.4 pb^{-1}) позволяет не только увеличить статистику в различных интервалах x - Q^2 , но и включить в анализ дополнительные бины по этим переменным (выделены цветом на рис. 1). Как видно из рис.1, $\ln(1/x_p)$ распределения демонстрируют заметную зависимость от Q^2 при фиксированном интервале x , в то же время при фиксированном Q^2 в области $Q^2 > 20 \text{ ГэВ}^2$, в отличие от данных, полученных на малой статистике, распределения проявляют зависимость от Бьёркеновской переменной x . Представляет интерес провести детальный анализ предсказаний пертурбативной КХД относительно эволюции фрагментационных функций в зависимости от этих переменных. Проведённое сравнение с Монте-Карло ARIADNE 6v2.4 показало (красные гистограммы на рис.1), что данная модель, включающая процессы бозон-глюонного слияния, которые дают вклад в область мишени в Брейт системе, хорошо описывает экспериментальные данные. Сравнение полученных экспериментальных данных с MLLA расчётами КХД, которые предсказывают пики в $\ln(1/x_p)$ распределениях в области 1.5-2.5, свидетельствует о том, что скейлинговые импульсные распределения в области мишени в Брейт системе согласуются с теоретическими предсказаниями в рамках MLLA приближения с учётом гипотезы локальной адрон-партонной дуальности (LPHD) для областей малых x для всех исследованных интервалов Q^2 , а также в области $1.2 \times 10^{-3} < x < 2.4 \times 10^{-3}$ для $Q^2 > 80 \text{ ГэВ}^2$. Полученные же ранее аналогичные данные ZEUS для токовой области области Брейт системы не согласуются с предсказаниями MLLA с учётом LPHD гипотезы.

Результаты представлены на коллаборационном митинге ZEUS, DESY, сентябрь 21-23, 2011, данная тематика московской группы по исследованию фрагментационных функций объявлена на этом митинге как перспективная тематика в плане будущих исследований по физике ZEUS до 2014 г.

В 2011 году было продолжено исследование дифракционных взаимодействий и процессов образования векторных мезонов. Исследование W , Q^2 и t -зависимостей поведения сечения рождения векторных мезонов позволяет проследить область перехода от мягких к жестким процессам и, тем самым, получить информацию о структуре протона. Коллаборацией ZEUS выполнено первое измерение t -зависимости эксклюзивного рождения Upsilon $Y(1S)$ мезонов при энергиях HERA. Определен параметр экспоненциального наклона b , описывающего t -зависимость сечения рождения $Y(1S)$ мезонов. Измеренное значение согласуется с асимптотическим поведением, отражающим радиус протона. Полученные результаты подтверждают ранее выполненные измерения для векторных мезонов и согласуются с предсказаниями моделей, основанных на пертурбативной КХД (пКХД) [**Measurement of the t dependence in exclusive photoproduction of Upsilon (1S) mesons at HERA DESY-11-186**, submitted to Physics Letters B, ref. no. PLB-D-11-01630].

Было продолжено изучение эксклюзивного рождения $\pi^+\pi^-\pi^0$ пар. Проведено MC моделирование эксклюзивного образования векторных мезонов для определения

эффективности регистрации векторных мезонов в глубоко-неупругих ер столкновениях. Эксклюзивное электророждение двух заряженных пионов исследовалось в интервале масс $0.4 < M_{\pi\pi} < 2.5$ ГэВ. Распределение по инвариантной массе двух пионов, представленное на Рис.1, хорошо описываются с помощью электромагнитного формфактора π -мезонов, $|F_{\pi}(M_{\pi\pi})|^2$, учитывающего вклад трех резонансов — ρ , ρ' (1450) и ρ'' (1700). Отмечена зависимость форм-фактора от Q^2 , особенно заметная в области интерференции двух резонансов ρ' и ρ'' . Исследовано поведение отношения

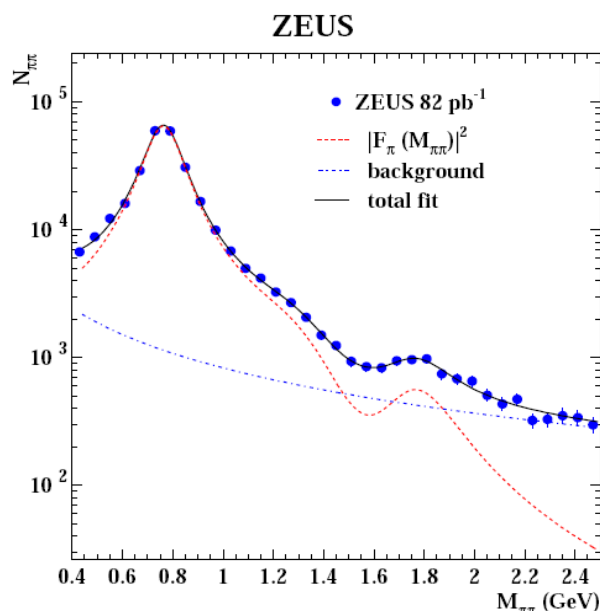


Рис.2 Распределение по инвариантной массе двух пионов

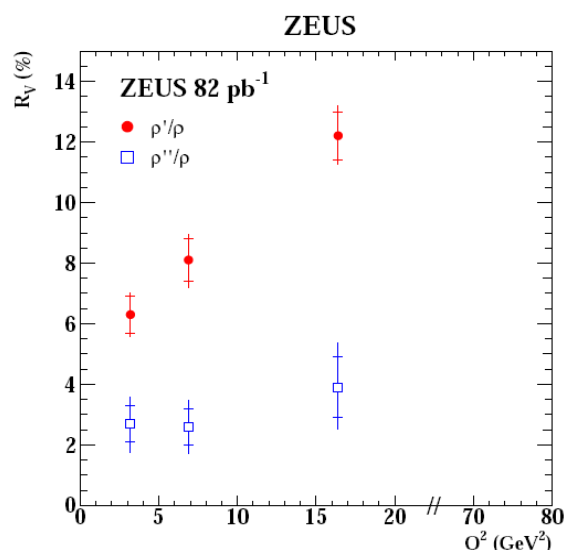


Рис. 3 Отношение сечений рождения ρ'/ρ и ρ''/ρ как функция Q^2 .

сечений рождения ρ'/ρ и ρ''/ρ в зависимости от величины Q^2 . Наблюдаемый быстрый рост отношения сечений рождения ρ'/ρ согласуется с ожиданиями моделей, основанными на КХД. [Exclusive Electroproduction of two Pions at HERA. DESY-11-2011 (November 2011) submitted to European Physical Journal C, manuscript ID No. EPJC-11-11-054].

Поддержка и развитие проекта «AMADEUS» в эксперименте ZEUS

-Пакет генераторов событий, используемых в эксперименте ZEUS (проект «AMADEUS») включает около 15 генераторов событий и примерно столько же сопутствующих библиотек.

- В 2011 году все пакеты были адаптированы под ОС Scientific Linux 5. Была выполнена необходимая работа по информационному обеспечению пакетов в связи с их изменениями и модификацией.

- В связи с переходом к ОС Scientific Linux 5 была проведена также реорганизация и обновление всей системы моделирования физических процессов, исследуемых в эксперименте ZEUS.

-В настоящее время работа пакета генераторов событий поддерживается на трех платформах:
SL 3, SL4 и SL5.

- В рамках проекта «Сохранение данных HERA» была осуществлена селекция генераторов и библиотек и удаление устаревших и неактуальных пакетов с сохранением источников в Source Repository для возможности дальнейших ссылок

- Разработана идеология интерфейса между генераторами событий и моделированием отклика детектора ZEUS для работы под виртуальной операционной системой.

Заканчивается отладка тестовых вариантов интерфейса для пакета AMADEUS

3) 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.

План работы по проекту ZEUS на 2012г.

В 2012 году основные усилия будут направлены на физический анализ экспериментальных данных. Особое внимание планируется уделить объединению данных физических исследований двух коллабораций ZEUS и H1 с целью представления единых результатов, полученных в ер-взаимодействиях на коллайдере HERA. Для успешного выполнения этой программы необходимы усилия по поддержке и модернизации вычислительной базы данных, а также работы по сохранению и оптимизации использования экспериментального материала, накопленного установкой ZEUS в процессе работы коллайдера HERA. Требуются дополнительные ресурсы для реализации программы долгосрочной системы сохранения данных (Data Preservation in High Energy Physics “DPHEP”) в рамках коллаборации. Будет продолжено создание ZEUS Common Ntuple и работы по поддержке и развитию пакетов для моделирования физических процессов, изучаемых в эксперименте ZEUS. В 2012 году группа НИИЯФ МГУ продолжить выполнение общих коллаборационных работы по методике эксперимента и поддержке вычислительной базы данных.

Будут продолжены работы по изучению дифракционных процессов и структуры протона. Продолжатся исследования дифракционных процессов и эксклюзивного образования векторных мезонов, в том числе первое при энергиях HERA выделение эксклюзивного рождения $2(\pi^+\pi^-)$ пар в ер столкновениях.

Планируется продолжить изучение механизмов рождения очарованных адронов в процессе ер-рассеяния с обменом нейтральным и заряженным токами и моделирование различных эффектов, ожидаемых на коллайдерах нового поколения. Планируется провести оценку систематических неопределённостей полученных интегральных и дифференциальных сечений рождения $D^{*\pm}$ мезонов; сравнение интегральных и дифференциальных сечений рождения $D^{*\pm}$ мезонов с теоретическими предсказаниями.

Планируется продолжить феноменологический анализ данных 1998-2000 гг по дифракционному фоторождению очарованных мезонов D^* , полученных в эксперименте ZEUS с использованием переднего калориметра FPC.

Дальнейшие работы по поискам странного бариона (пентакварк) в канале (pK_s) и резонансного состояния в системе шести пи-мезонов на полном наборе данных ZEUS будут продолжены.

Будет продолжена работа по изучению фрагментационных функций в области мишени в Брейт системе на установке ZEUS в процессах глубоко-неупругого ер-рассеяния. В рамках данной тематики планируется включение в исследование данных на статистике HERA I передней компоненты трекового детектора FDET, что позволит расширить интервалы анализа по $x-Q^2$ и улучшить аксептанс в области мишени. Планируется также включить в анализ данные HERA II и провести анализ систематических погрешностей, что позволит провести детальное сравнение экспериментальных данных с предсказаниями пертурбативной КХД относительно эволюции фрагментационных функций в зависимости от переменных $x-Q^2$.

Публикации по результатам исследований в коллаборации ZEUS за 2011г. :

ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

"Measurement of the Energy Dependence of the Total Photon-Proton Cross Section at HERA"

[Phys. Lett. B 697 \(2011\) 184-193](#)

ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

"Study of tau-pair production at HERA",

[JHEP 02 \(2011\) 117](#)

[ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.](#)

["Measurement of beauty production in deep inelastic scattering at HERA using decays into electrons"](#)

[Eur. Phys. J. C71, 1573 \(2011\)](#)

ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

"Measurement of heavy-quark jet photoproduction at HERA"

[Eur. Phys. Journal C71, 1659 \(2011\)](#)

5. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

"Measurement of the t dependence in exclusive photoproduction of Upsilon(1S) mesons at HERA"

DESY-11-186 (October 2011)

submitted to Physics Letters B, ref. no. PLB-D-11-01630

6. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

Search for Single-Top Production in ep Collisions at HERA

DESY-11-204 (November 2011)

submitted to Phys. Lett. B, Ms. Ref. No.: PLB-D-11-01679

7. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

Scaled Momentum Distributions for K^0_s and $\Lambda/\text{anti-}\Lambda$ in DIS at HERA

DESY-11-205 (November 2011)

submitted to JHEP, Preprint No. JHEP_158P_1111

8. ZEUS Collaboration; H. Abramowicz et al.

Exclusive Electroproduction of two Pions at HERA

DESY-11-220 (November 2011)

submitted to European Physical Journal C, manuscript ID No. EPJC-11-11-054

Теоретические исследования.

С.И. Кейзеров, Э.Р. Рахметов (ОТФВЭ)

1. Рассмотрено обобщение ОТО (гравитация Меллера), 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 в семимерном пространстве времени. 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.

В “Proceedings of Science”: “Some exact solutions in vielbein gravity”, PoS QFTHEP2010: 084, 2010, 5 pages

arXiv.org gr-qc , arXiv:1108.2654v2 as «Some exact solutions in Möller gravity»

В “Proceedings of Science”: “Linear approximation in Möller 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. Построено обобщение данной конструкции для теорий с числом измерений пространства-времени больше семи.

В журнале «Вестник Московского Университета» принята в печать статья «Класс моделей со спонтанной компактификацией типа Фройнда-Рубина и нетривиальным решением для векторного поля в семимерном пространстве-времени»

3. В семимерном пространстве-времени в теории гравитационного, векторного и антисимметричного тензорного поля третьего ранга, где возможны самосогласованные решения спонтанной компактификации с нетривиальным решением для векторного поля типа произведения пространства Минковского на трехмерную сферу, произведена процедура размерной редукции. Изучен спектр четырехмерных мод над фоновым решением. Показано, что фоновая конфигурация, не только является решением уравнений движения, но еще и устойчива, результатом чего является отсутствие в спектре разложения над этим фоном тахионных мод для всех полей. Подобная модель может быть очень интересной при добавлении фермионных полей, которые не разрушают фоновое решение, но могут иметь за счет взаимодействия с ненулевым векторным вакуумом легкие (непланковские) моды.

“Proceedings of Science”: PoS QFTHEP2011: 059, 2011 7 pages. “The mass spectrum of four-dimensional modes in seven-dimensional Kaluza-Klein theory with a spontaneous compactification solution of Freund-Rubin type”

1. Список публикаций за 2011год

1. “Linear approximation in Möller gravity”, Proceedings of Science 079, 2011, 7 pages
2. “The mass spectrum of four-dimensional modes in seven-dimensional Kaluza-Klein theory with a spontaneous compactification solution of Freund-Rubin type” Proceedings of Science 059, 2011 7

pages.

В журнал «Вестник Московского Университета» послана статья «Класс моделей со спонтанной компактификацией типа Фройнда-Рубина и нетривиальным решением для векторного поля»

2. Участие в конференциях в 2010-2011 годах с докладами:

1. The XIXth International Workshop on High Energy Physics and Quantum Field Theory - QFTHEP2010,

Golitsyno, Moscow, Russia, September 08–15, 2010

Доклад “*Some exact solutions in vielbein gravity*”

2. The XXth International Workshop High Energy Physics and Quantum Field Theory, Sochi, Russia

September 24-October 1, 2011

Два доклада совместно с С. И. Кейзеровым:

1) *Linear approximation in Möller gravity.*

2) *The mass spectrum of four-dimensional modes in seven-dimensional Kaluza-Klein theory with a spontaneous compactification solution of Freund-Rubin type.*

3. Преподавательская деятельность.

Проведение семинаров (совместно с С. Кейзеровым и В. Буничевым) по лекционному курсу Э.Э. Бооса «Стандартная Модель и ее расширения»

Б.Б. Левченко

1. Изучались математические свойства рядов Швингера и процесс образования e^+e^- пар в лазерных полях. Вероятности рождения пар бозонов и фермионов в однородных и постоянных

электромагнитных полях, представленные в формулах Швингера бесконечными рядами.

Считается, что в слабых полях основной вклад в вероятность рождения дает первый член ряда, однако суммарная величина остаточного члена никем не анализировалась. Изучена математическая структура рядов Швингера и доказано, что данные ряды допускают точное суммирование. Показано, что с ростом напряженности поля вклад остатка ряда быстро возрастает.

Кроме того показано, что формулы Швингера справедливы только для напряженности полей $E < 0.0291 E_{cr}$. При более высокой напряженности электрического поля, вероятность рождения пар в единице объема за единицу времени превышает единицу. В этой связи, мы выводим точную формулу для вероятности рождения пар.

2. Вычислена величина авто-эмиссионного тока инициируемого e^+ пучком в e^+e^- коллайдере CLIC. Полученные величины токов таковы, что могут привести к разрушению ускорительных модулей CLIC. Полученные результаты доложены в сентябре на специализированной конференции в Испании.

Доклады на конференциях: 3

-International Workshop on Future Linear Colliders (LCWS11), 26-30 сентября 2011, Гранада, Испания, В.В. Levchenko, «Beam dynamics with account of environment effects in future e^+e^- colliders: New results».

- Научная конференция «Ломоносовские чтения» 2011, 14 ноября 2011, Москва

Б.Б. Левченко. «Свойства рядов Швингера и рождение e^+e^- пар в лазерных полях»

Б.Б. Левченко. «Проект e^+e^- коллайдера CLIC и его проблемы»

В 2012 г. планируется продолжить исследования по данной тематике и опубликовать две статьи.

Поздеева Е.О.

1) Результаты и планы:

1. Построены явные выражения связывающие функции Грина уравнений Шредингера, связанных суперсимметрией высокого порядка. Соответствующие результаты опубликованы в работе

Ekaterina Pozdeeva, Axel Schulze-Halberg, Propagators of generalized Schrodinger equations related by higher-order supersymmetry, International Journal of Modern Physics A Vol. 26, No. 2 (2011)

191–207[arXiv:1102.2778] и доложены на конференции Supersymmetries & Quantum Symmetries - SQS'2011, Dubna, 2011-07-18, 2011-07-23.

2. Рассмотрено столкновение заряженных мембранных стенок в пятимерном пространстве анти де Ситтера. Основным мотивом наших исследований является возможность формирования черных дыр при столкновения заряженных ультрарелятивистских частиц в пространстве анти де Ситтера.

Мы рассматриваем ультра релятивистскую частицу как шокую волну. Для упрощения вычислений предполагается что заряд по бесконечной двумерной плоскости-мембранной стенки. Однако это приближение строго говоря не верно, поэтому особое внимание уделено поправкам, которые возникают при введении локализации на конечную область.

В настоящее время нами рассмотрено столкновение заряженных мембранных стенок в пятимерном пространстве анти де Ситтера. Сконструировано соответствующее уравнение Эйнштейна.

Полученные результаты были доложены на следующих конференциях:

1. XV International Conference on Symmetry Methods in Physics dedicated to memory of A.N. Sissakian, Dubna, 2011-07-12, 2011-07-16.

2. Международная Школа-семинар «Актуальные проблемы физики микромира» (г. Гомель, Республика Беларусь, 1-12 августа 2011 года). 3. The XXth International Workshop on High Energy Physics and Quantum Field Theory, 2011-09-24, 2011-10-01. 4. Dual Year Russia-Spain 2011, Particle Physics, Nuclear Physics and Astroparticle Physics, Theory, Experiment, Accelerator technology, Barcelona 8-11 November 2011.

Найденные решения планируется применить для анализа формирования ловушечных поверхностей в пятимерном пространстве анти де Ситтера.

3. Рассмотрена стабильность решений де Ситтера уравнений модифицированной гравитации. Установлено, что решения являются стабильными относительно малых возмущений начальных данных в пространстве Фридмана-Робертсона-Уокера как при положительных, так и при отрицательных значениях космологической постоянной; найдены ограничения на стабильность при нулевой космологической постоянной. Соответствующий материал опубликован в работе E. Elizalde, E.O. Pozdeeva, and S.Yu. Vernov, De Sitter Universe in Non-local Gravity, arXiv:1110.5806v1 [astro-ph.CO]

Планируется рассмотреть стабильность точных решений уравнений нелокальной модифицированной гравитации в пространствах Фридмана-Робертсона-Уокера и Бьянки I. Планируется изучить уравнения гидростатического равновесия в модели нелокальной модифицированной гравитации.

Выполняемые исследования были поддержаны следующими грантами:

1. грант РФФИ номер 11-01-00894; НИИЯФ МГУ — организация соисполнитель (сроки реализации гранта — 2011-2013 гг.);
2. госконтракт Министерства Образования и Науки Российской Федерации 14.740.12.0846 — НИИЯФ МГУ; организация соисполнитель (сроки реализации гранта май-сентябрь 2011 г.);