

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПРАВИТЕЛЬСТВО НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**МАТЕРИАЛЫ  
55-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**МНСК–2017**

**17–20 апреля 2017 г.**

**ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,  
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ**

**Новосибирск  
2017**

УДК 15.010  
ББК Ю 9

Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2017: Физика элементарных частиц, астрофизика и космология / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2017. 24 с.

ISBN 978-5-4437-0493-7

Конференция проводится при поддержке Сибирского отделения Российской академии наук, Правительства Новосибирской области, инновационных компаний России и мира, Ассоциации выпускников «СОЮЗ НГУ».

**Научный руководитель секции** – д-р физ.-мат. наук, проф.,  
чл. корр. РАН Бондарь А. Е.

Председатель секции – д-р физ.-мат. наук, проф. Шварц Б. А.

Ответственный секретарь секции – канд. физ.-мат. наук Винокурова А. Н.

#### **Экспертный совет секции**

канд. физ.-мат. наук Гармаш А. Ю.  
канд. физ.-мат. наук Епифанов Д. А.  
канд. физ.-мат. наук Кардапольцев Л. В.  
канд. физ.-мат. наук Козлов М. Г.  
канд. физ.-мат. наук Резниченко А. В.  
д-р физ.-мат. наук Эйдельман С. И.

ISBN 978-5-4437-0493-7

© Новосибирский государственный  
университет, 2017

**NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY  
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
NOVOSIBIRSK OBLAST GOVERNMENT**

**PROCEEDINGS  
OF THE 55th INTERNATIONAL STUDENTS  
SCIENTIFIC CONFERENCE**

**ISSC-2017**

**April, 17–20, 2017**

**HIGH ENERGY PHYSICS, ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY**

**Novosibirsk, Russian Federation  
2017**

Proceedings of the 55<sup>th</sup> International Students Scientific Conference. |High Energy Physics, Astrophysics and Cosmology / Novosibirsk State University. Novosibirsk, Russian Federation. 2017. 24 pp.

ISBN 978-5-4437-0493-7

The conference is held with the significant support of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Oblast Government, innovative companies of Russia, NSU Alumni Union.

**Section scientific supervisor** – Prof. A. Bondar

**Section head** – Prof. B. Shwartz

**Responsible secretary** – Dr. A. Vinokurova

**Section scientific committee**

Dr. A. Garmash  
Dr. D. Epifanov  
Dr. L. Kardapoltsev  
Dr. M. Kozlov  
Dr. A. Reznichenko  
Prof. S. Eidelman

## Изучение конформной КЭД в рамках подхода БФКЛ

Барц Е. О.

Новосибирский государственный университет  
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

В настоящее время подход БФКЛ является одним из основных инструментов для теоретического описания полужестких процессов физики высоких энергий. Интегро-дифференциальное уравнение БФКЛ позволяет находить функцию Грина, которая определяет высокоэнергетическое поведение амплитуд и сечений полужестких процессов. На настоящий момент ядро данного уравнения известно как в главном, так и в следующем за главным логарифмическом приближении, а также при произвольной передаче импульса и произвольных цветовых состояний в  $t$ -канале.

Целью представленной работы является изучение конформной квантовой электродинамики на примере процесса рассеяния виртуальных фотонов с использованием методов, развитых в рамках подхода БФКЛ. Вычисление асимптотик дифференциального сечения обсуждаемого процесса представляется актуальной и важной задачей. Также конформная КЭД может служить «лабораторией» для проверки методов БФКЛ.

Основной методикой изучения конформной КЭД в данной работе является использование замечательного свойства инвариантности ядра в координатном представлении относительно конформных преобразований. Искомая симметрия позволяет точно вычислять функции Грина и ядра БФКЛ, а также получать асимптотики амплитуд и, соответственно, дифференциальных и полных сечений полужестких процессов.

В данной работе проводится вычисление дифференциального сечения рассеяния двух виртуальных фотонов в разных асимптотических областях передачи импульса и виртуальностей начальных частиц. Второй частью задачи является рассмотрение и проверка процедуры преобразования ядра из дипольной формы в координатном представлении в полное импульсное представление в рамках конформной КЭД.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, член.-корр. РАН,  
проф. Фадин В. С.

## Изучение процесса $e^+e^-$ аннигиляции в $\pi^+\pi^-\pi^0$ с детектором КМД-3 в области энергий $\omega$ -мезона

Богданов С. А.

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск  
Новосибирский государственный университет

С момента создания Стандартная модель подвергалась многочисленным проверкам преимущественно в ускорительных экспериментах при сверхвысоких энергиях. Но существует другой класс экспериментов с прецизионной точностью измерения физических величин, например, аномального магнитного момента (АММ) мюона. Чтобы сравнить экспериментально измеренное значение АММ с расчетным (в рамках Стандартной модели) необходимы адронные сечения, измеренные в области энергий коллайдера ВЭПП-2000. Сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$  является одним из главных, определяющих точность вычисления.

В работе представлены результаты анализа статистики, набранной детектором КМД-3 на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 в 2012–2013 годах. В данной работе представлены результаты исследования аннигиляции  $e^+e^-$  пары с рождением  $\omega$ -мезона и последующим распадом в  $\pi^+\pi^-\pi^0$ . Получены предварительные результаты для сечения данного процесса в широком диапазоне энергий – (427,4–1004) МэВ, измерены масса и ширина резонанса.

Для отбора событий сигнала требовалось: два противоположно заряженных трека в дрейфовой камере с вершиной в области взаимодействия пучков, пик квадрата недостающей массы расположен вокруг  $\pi^0$ . Отделение основных фоновых процессов:  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma$ ,  $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\gamma$  и  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$ , возможно благодаря особенностям углового распределения заряженных треков и энергывыделения в калориметре.

Отличительная особенность данной работы – большой объем экспериментальных данных в сравнении с измерениями прошлых лет (более чем в десять раз), что позволит улучшить точность имеющихся значений сечения, массы и ширины  $\omega$ -мезона. Кроме того, набранная статистика (интеграл светимости порядка  $10 \text{ пб}^{-1}$ ) позволит начать поиск  $\rho$ - $\omega$  интерференции в данном канале.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Федотович Г. В.

## **Разработка алгоритма реконструкции треков на основе нейронных сетей в жидкокриптоновом калориметре детектора КЕДР**

Веровкин А. Е.

Новосибирский государственный университет

Современные детекторы элементарных частиц являются сложными устройствами, которые состоят из большого количества различных систем. Важной задачей в процессе анализа данных является восстановление или реконструкция событий, произошедших в детекторе. Для проведения реконструкции необходимо определить пространственные координаты, импульсы и энергии зарегистрированных частиц. Для определения координат частиц в калориметре детектора КЕДР предусмотрена система так называемых полосочных электродов. Полосочные электроды представляют собой узкие полоски, которые позволяют точно измерять  $\varphi$  (азимутальный угол относительно оси пучков) или  $Z$  (вдоль оси пучков) координату пролетевшей частицы. Точные измерения координат частиц важны для эффективного разделения близколетящих частиц. Измерения координат происходят с помощью треков, восстанавливаемых по сигналам детектора. Для восстановления трека весьма важной задачей является сопоставление сигналов в отдельных каналах детектора тому или иному треку. Эта задача может быть решена при помощи нейронных сетей. Для этого нейронам сопоставляются отрезки, соединяющие пространственные точки сработавших каналов детектора. При этом активное состояние нейрона соответствует тому, что данный отрезок является частью трека. Далее в сети случайным образом активируется часть связей, и затем связи обновляются до сходимости. Правила обновления нейронной сети построены таким образом, что отрезки с меньшей длиной и меньшим относительным углом имеют большее предпочтение быть активированными в процессе обновлений. На финальном этапе работы производится фильтрация получившихся решений от флуктуаций, связанных с первичной случайной инициализацией сети. В данной работе представлен алгоритм реконструкции треков на основе нейронных сетей, реализованный на языке программирования C++. Для алгоритма были определены оптимальные параметры и измерена эффективность восстановления треков. Ведётся работа по интеграции алгоритма в программное обеспечение детектора КЕДР.

Научный руководитель – Максимов Д. А.

**Описание сигнатуры межпланетного магнитного поля**

Винокуров Н. А.

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,  
г. Якутск

По данным наблюдений межпланетного магнитного поля производится настройка параметров модели. Модельное поле предполагается разделенным на две полусферы с разными знаками поля, граница между которыми деформирована.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, акад. РАН Крымский Г. Ф.

**Измерение сечения  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$  с детектором СНД  
на ВЭПП-2000**

Ганиев Э. Б.

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск  
Новосибирский государственный университет

С 2010 года по настоящее время проводится набор экспериментальных данных на ускорительном комплексе ВЭПП-2000 с детекторами СНД и КМД-3. Электрон-позитронный коллайдер с проектной светимостью  $L = 10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$  работает в диапазоне энергии (0.32 – 2) ГэВ. Одной из важных экспериментальных задач в данной области энергий является измерение сечений процессов аннигиляции электрон-позитронной пары в адроны. Особенностью диапазона энергии  $< 2$  ГэВ является непертурбативность квантовой хромодинамики и, таким образом, недостаток точных теоретических предсказаний. Измеренные сечения необходимы для расчета вклада адронной поляризации вакуума в аномальный магнитный момент мюона и бегущую электромагнитную константу связи. Сравнение теоретического значения аномального магнитного момента мюона с измеренным экспериментально важно для проверки Стандартной модели.

Непосредственно процесс  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$  вносит  $\sim 15\%$  в ошибку вычисления  $(g-2)_\mu$ . Также изучение этого процесса интересно с методической точки зрения, так как имеется множество промежуточных механизмов ( $\omega\pi^0$ ,  $a_1\pi$ ,  $f_0(980)\pi$  и другие), которые необходимо разделить.

Для анализа процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$  использовались данные в диапазоне энергии (1.28 – 1.98) ГэВ. Для реконструкции экспериментальных событий и событий моделирования применялась процедура кинематического фита. Основные фоновые процессы:  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-3\pi^0$ ,  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-4\pi^0$ ,  $e^+e^- \rightarrow K^+K^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow K_s K_L$ . Для вычисления эффекта фона и эффективности регистрации сигнальных событий использовалось моделирование искомого и фоновых процессов. Вычисление светимости проводилось с помощью событий Баба рассеяния.

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Харламов А. Г.

## **Применение гейгеровских лавинных фотодиодов для оптического съёма информации в криогенных детекторах**

Давыдов А. Д.

Новосибирский государственный университет

Вид вещества, известный как темная материя, существует в нашей Вселенной. Об этом свидетельствуют астрономические исследования по распределению масс вещества в космосе. Столкновения частиц темной материи с атомными ядрами – одна из возможностей ее поиска. В настоящее время разработка прототипа детектора темной материи ведется группой исследователей в лаборатории космологии и элементарных частиц НГУ. Рабочим телом в детекторе является сжиженный аргон; в нем, как и в его парах, размещены чувствительные датчики. В этом прототипе планируется использовать приборы ГЛФД (гейгеровские лавинные фотодиоды, англ. G-APD).

Проводимые ранее эксперименты с использованием образцов ГЛФД показывают, что некоторые их технические характеристики не соответствуют значениям, представленным в паспортных данных. Независимый сравнительный анализ приборов позволил бы внести ясность и сэкономить ресурсы для дальнейших экспериментов по изучению темной материи. Цель настоящей работы состоит в установлении и сравнительном анализе ключевых характеристик (квантовая эффективность, уровни шумов) прототипов кремниевых ГЛФД разных моделей от разных производителей.

В результате исследовательской работы получены шумовые характеристики приборов, квантовая эффективность каждого образца. Вскоре эксперименты будут продолжены при криогенной температуре (условия работы будущего детектора), по итогам чего и будут оценены технические характеристики приборов и релевантность их использования в детекторе.

В докладе предполагается представить обзор типов ГЛФД, методику исследования и количественную оценку проведённых экспериментов.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Соколов А. В.

**Аппроксимация сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0$** 

Жабин В. Н.

Новосибирский государственный университет  
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

В работе произведено измерение сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$  с высокой точностью в 40 точках в диапазоне энергий от 1 до 2 ГэВ, с использованием статистики, набранной детектором СНД на установке ВЭПП-2000 в 2011 – 2013 годах. Статистическая погрешность составила 1–8 %, систематическая – 2,5 %. Также произведена аппроксимация данного сечения в модели векторной доминантности с учетом радиационных поправок.

Для каждого события, содержащего два трека и четыре фотона, производилась кинематическая реконструкция в гипотезе  $4\pi$ , вычислялась инвариантная масса системы  $3\pi$ , содержащая массу  $\omega$ -мезона. Были учтены поправки к эффективности регистрации за счет потери трека и фотона в детекторе (вызваны неточностями Монте-Карло моделирования электромагнитных ливней). Далее, путем фитирования распределения инвариантной массы, определялось число событий исследуемого процесса  $\omega\pi^0$  для удаления фоновых процессов ( $a_1\pi$ ,  $f_0\rho$  и  $\rho^+\rho^-$ ). Видимое сечение вычислялось с использованием светимости, найденной по коллинеарным событиям  $e^+e^-$  рассеяния. Радиационные поправки определялись с помощью интегральной формулы Кураева-Фадиной, дающей точность лучше 0,1 %. Модель векторной доминантности предполагает описание процесса тремя резонансами:  $\rho$ ,  $\rho'$  и  $\rho''$ . Из-за сильной интерференции процессов точное определение параметров резонансов невозможно.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Харламов А. Г.

**Измерение сечения процесса  $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$  на детекторе СНД**

Корнеев Л. А.

Институт ядерной физики им Г.И.Будкера СО РАН, г. Новосибирск  
Новосибирский государственный университет

В данной работе измерено борновское сечение процесса  $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$  в интервале энергии (1.35–2.00) ГэВ. Этот процесс даёт вклад в полное адронное сечение электрон-позитронной аннигиляции, которое важно, например, для вычисления аномального магнитного момента мюона. Для изучаемого процесса на сегодняшний день существует единственное измерение, выполненное в эксперименте ВаВаг. Данная работа важна для подтверждения этого измерения. Для анализа использовались данные, набранные на коллайдере ВЭПП-2000 детектором СНД в 2011 и 2012 годах. Суммарная интегральная светимость данных, использованных для обработки, составляет 28.5 пб<sup>-1</sup>. Полученное борновское сечение согласуется с результатом ВаВаг вблизи пика сечения при (1.35–1.80) ГэВ. Однако имеется существенное отличие в интервале энергий (1.8–2.0) ГэВ.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Дружинин В. П.

## **Детектор для изучения быстро протекающих процессов на пучке синхротронного излучения**

Кудашкин Д. В.

Новосибирский государственный университет

Детектор DIMEX (Detector for Imaging of Explosions – детектор для изучения взрывных процессов) используется для изучения быстропротекающих процессов на пучке синхротронного излучения. Этот детектор позволяет наблюдать эволюцию распределения плотности в процессе детонации и распада взрывчатого вещества.

В настоящее время существует несколько моделей газовой версии детектора, и разрабатывается детектор на основе кремниевого микрополоскового сенсора, который позволит увеличить максимальный регистрируемый сигнал на 2 порядка, по сравнению с газовым детектором.

Вместе с тем, существует потребность в детекторе для дифракционных исследований, при которых поток фотонов на 2-3 порядка ниже, чем в экспериментах со взрывными процессами. В то же время процессы, которые исследуются при помощи дифракции также достаточно быстрые, так что детектор должен иметь временные параметры близкие к DIMEX.

Прототип такого детектора был создан путём объединения электроники газового детектора DIMEX-G и кремниевого сенсора DIMEX-Si.

В настоящей работе исследуются свойства такого полупроводникового детектора для изучения динамических дифракционных процессов на пучке синхротронного излучения.

Детектор представляет собой кремниевый сенсор, соединённый микросваркой с 64 каналами чипа APC128. Преимуществом данного детектора по сравнению с газовым DIMEX-G является существенно более высокая чувствительность.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Шехтман Л. И.

**Изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow K_s K^+ \pi^-$  на детекторе КМД-3**

Кулиджоглян В. А.

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск  
Новосибирский государственный университет

Данная работа посвящена изучению процесса  $e^+e^- \rightarrow K_s K^+ \pi^-$  по статистике, набранной на детекторе КМД-3 в 2011 и 2012 гг. в диапазоне энергий от 1.4 до 2 ГэВ в системе центра масс.

Изучаемый процесс даёт существенный вклад в полное сечение электрон-позитронной аннигиляции в адроны, которое определяет вклад адронов в поляризацию вакуума. Информация о поляризации вакуума используется для расчета аномального магнитного момента (АММ) мюона. Сравнение теоретического и экспериментального значений АММ мюона служит проверкой справедливости Стандартной модели.

В работе была отработана методика выделения событий изучаемого процесса: отбирались трех- и четырех-трековые события, два из которых являлись продуктами распада  $K_s$ -мезона. Далее, по информации с дрейфовой камеры об импульсах и ионизационных потерях треков методом максимального правдоподобия была проведена идентификация каонов и пионов. Было определено количество событий в точках по энергии вблизи пика сечения ( $\sim 1600$  МэВ).

В ходе работы было проведено моделирование изучаемого процесса. Затем моделированные события были пропущены через программный пакет GEANT4, который моделирует детектор КМД-3. Таким образом, была определена эффективность регистрации экспериментальных событий.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Федотович Г. В.

**Измерение энергии пучка коллайдера ВЭПП-2000  
методом обратного комптоновского рассеяния**

Литвинов Р. А.

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск  
Новосибирский государственный университет

С 2010 года по настоящее время проводится набор экспериментальных данных на коллайдере ВЭПП-2000, который работает в диапазоне энергии (0.32 – 2) ГэВ. Определение энергии пучка с высокой точностью необходимо для прецизионного измерения сечений электрон-позитронной аннигиляции в адроны, определения параметров лёгких векторных мезонов и изучения интерференции между векторными мезонами. В 2012 году была создана установка для измерения энергии ВЭПП-2000 методом обратного комптоновского рассеяния излучения лазера на электронном пучке коллайдера.

Лазерное излучение, рассеянное пучком электронов, регистрируется полупроводниковым детектором, и по краю комптоновского спектра определяется энергия пучка. Относительная точность измерения энергии пучка составляет  $10^{-4}$ . В данной работе измерена энергия по данным, набранным в 2013 г. Также предложена модель зависимости энергии от величины поля в дипольных магнитах и их температуры. Полученная зависимость позволяет предсказывать энергию пучка с высокой точностью для данных без измерений методом обратного комптоновского рассеяния.

Научный руководитель: доктор физ.-мат. наук, Ачасов М. Н.

## Изучение возбужденных состояний $D_s$ мезонов в эксперименте Belle

Майборода В. А.

Новосибирский государственный университет

Изучение спектроскопии мезонов является одной из главных задач физики элементарных частиц, так как даёт информацию о взаимодействии кварков. Объектами данного исследования являются возбужденные состояния  $D_s$  мезонов, – связанные состояния  $s$ -кварка и  $s$ -антикварка, с массами 2317 и 2460 МэВ. Открытые в экспериментах BaBar и CLEO,  $D_{s0}^*(2317)$  и  $D_{s1}(2460)$  мезоны имеют массы, существенно меньшие по сравнению с рассчитанными в рамках потенциальных моделей. В связи с этим возникает вопрос о природе данных состояний: являются ли они орбитальными возбуждениями  $c\bar{s}$ -системы, связанными состояниями мезонов или же четырехкварковыми системами. Подробное изучение  $D_{sJ}$  мезонов позволит выбрать модель, наиболее полно описывающую данные состояния, в чем и состоит актуальность исследования.

Выполнен предварительный анализ с использованием данных с детектора Belle (КЕКСС, Япония), проведена процедура реконструкции, изучены основные фоны. На данный момент набранная на Belle статистика ( $720 \cdot 10^6 Y(4S)$  событий) позволяет уточнить уже вычисленные ранее вероятности распадов  $D_{sJ}$  [1], с большей достоверностью определить квантовые числа интересующих нас состояний и, возможно, наблюдать новые каналы распадов  $D_{sJ}$  мезонов.

Было получено  $46 \pm 11$  событий распада  $D_{sJ} \rightarrow D_s \pi^0$  и  $60 \pm 12$  событий распада  $D_{sJ} \rightarrow D_s \gamma$  в каналах, где  $D_{sJ}$  мезон реконструирован из распада  $B$ -мезона. Величина полученной выборки распадов  $D_{sJ}$  мезонов является наибольшей среди существующих результатов, что позволяет надеяться на достижение лучшей точности.

---

1. Observation of the  $D_{s1}(2317)$  and  $D_{s1}(2457)$  in B decays / P. Krokovny, [et al.] // Phys. Rev. Lett. 91 – 2003 – DOI:10.1103/PhysRevLett.91.262002

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Воробьёв В. С.

## Сравнительное изучение фотоприёмников для калориметра детектора СНД

Маматюков М. Ю.

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Цель данной работы – произвести измерения характеристик двух фотоприёмников калориметра детектора СНД для последующей возможной замены одного на другой.

Использовались фотоприёмники двух типов: вакуумный фототриод, или VPT (используется сейчас на калориметре), и полупроводниковый PIN фотодиод. Для простоты будем называть их *старый* и *новый*.

Для измерения характеристик фотоприёмники помещали на снятый кристалл калориметра СНД. Затем кристалл помещался внутрь телескопа – системы, состоящей из двух параллельных сцинтилляционных счетчиков. Далее набирались данные по событиям с пролетом через описанную систему космических мюонов, которые выделяли определённую энергию в кристалле в основном за счёт ионизационных потерь.

Запись спектра космических мюонов производилась по совпадению срабатывания сцинтилляционных счётчиков, что свидетельствовало о пролёте мюона через систему. Затем производился набор шумового спектра, который происходил при запуске от генераторного сигнала.

Все данные были представлены в каналах зарядово-цифрового преобразователя (ЗЦП). Чтобы перевести их в энергетическую шкалу, были построены гистограммы, и, оценив среднее энерговыделение в кристалле и приравнявая его среднему измеренного распределения, получали коэффициент преобразования.

Также были проведены измерения спектров *нового* фотоприёмника с использованием двух отражателей: диффузного и зеркального. Это было связано с тем, что кристаллы были спроектированы для *старого* фотоприёмника, который имеет в сечении окружность, в то время как *новый* имеет прямоугольную форму. Таким образом, *новый* фотоприёмник оставляет открытую площадь, которую закрывали одним из отражателей для уменьшения выхода света вне детектора.

Далее данные были обработаны, и проведен анализ результатов. Как оказалось, установка отражателей не внесла ощутимый вклад в увеличение уровня сигнала. Уровень шума у *нового* получился 3,36 МэВ, а *старого* 0,23 МэВ.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Штоль Д. А.

## Измерение сечения рождения $B_s^0$ и $B^+$ мезонов при энергии $\sqrt{s}=8$ ТэВ

Сунь Чжипэн, Мальцев Т. В.

Новосибирский государственный университет  
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Работа посвящена измерению сечения рождения  $B_s^0$  и  $B^+$  мезонов при энергии соударений протонов (pp-соударений) 8 ТэВ с целью проверки КХД и определения зависимости сечения рождения от энергии. Сечение рождения было изучено с использованием  $2 \text{ фб}^{-1}$  данных, собранных детектором ЛНЦб в 2012 году. Это сечение рождения измеряется в областях  $0 < p_T < 40$  ГэВ/с и  $2,0 < y < 4,5$ . Мезоны  $B^+$  и  $B_s^0$  реконструированы в эксклюзивных каналах распада  $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$  и  $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$  с последующими распадами  $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$  и  $\phi \rightarrow K^+ K^-$ .

Число событий сигнала  $B_s^0$  и  $B^+$  мезонов было получено из аппроксимации инвариантной массы в интервале  $M_{B_s^0} \in [5200, 5550] \text{ МэВ}/c^2$  и  $M_{B^+} \in [5150, 5550] \text{ МэВ}/c^2$ .

Полная эффективность представлена в виде:

$$\mathcal{E}_{tot} = \mathcal{E}_{Accp} \cdot \mathcal{E}_{Rec\&sel} \cdot \mathcal{E}_{Trigger} \cdot \mathcal{E}_{PID},$$

где  $\mathcal{E}_{Accp}$  – геометрическая эффективность,  $\mathcal{E}_{Rec\&sel}$  – эффективность реконструкции и отбора,  $\mathcal{E}_{Trigger}$  – эффективность триггера,  $\mathcal{E}_{PID}$  – эффективность идентификации частиц.

После получения этих эффективностей и количества сигнальных событий во всех бинах было измерено полное сечение рождения:

$$\begin{aligned} \sigma(B_s^0) &= 16,8 \pm 0,2(\text{stat.}) \pm 1,3(\text{syst.}) \text{ мкбн}, \\ \sigma(B^+) &= 48,5 \pm 0,1(\text{stat.}) \pm 2,1(\text{syst.}) \text{ мкбн}. \end{aligned}$$

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Кроковный П. П.

## Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$ на детекторе КМД-3 на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000

Толмачев С. С.

Новосибирский государственный университет  
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

В настоящее время в ИЯФ СО РАН ведутся эксперименты с Криогенным магнитным детектором (КМД-3) на ускорительном комплексе со встречными электрон-позитронными пучками ВЭПП-2000. В физическую программу экспериментов с КМД-3 входит прецизионное измерение сечения электрон-позитронной аннигиляции в адроны. Прецизионное измерение сечения  $e^+e^- \rightarrow hadrons$  позволяет улучшить точность расчета вклада адронной поляризации вакуума ( $\alpha_s^{had}$ ) в аномальный магнитный момент мюона  $\alpha_\mu = (g-2)/2$ , которое используется для проверки Стандартной модели. В области энергий  $S < 2$  ГэВ основной вклад в  $\sigma(e^+e^- \rightarrow hadrons)$  дает канал  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$  (~72%), поэтому изучение этого процесса представляет особый интерес. При расчете радиационных поправок к сечению процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$  с излучением фотона из конечного состояния пионы рассматриваются в рамках КЭД как скалярные частицы.

Целью представленной работы является проверка предположения о точности пионов и изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  с излучением фотона из конечного состояния.

Выделить события  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  с излучением фотона пионами, используя только угловые распределения излученного фотона, не представляется возможным, так как ~10% излученных начальными частицами фотонов излучаются на большие углы. В области энергий левее пика  $\rho$ -мезона излучение фотона из начального состояния приведет к сбросу с резонанса и уменьшению сечения. Изучение процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  в этой области энергий позволит увеличить относительную долю событий с излучением фотона из конечного состояния.

В данной работе анализ процесса  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$  проводился на основе части статистики, набранной на КМД-3 в 2013 г. Для изучения выбрано 11 точек по энергии (левее пика  $\rho$ -мезона), полная интегральная светимость составила ~ 8.7 пб<sup>-1</sup>. Проведено моделирование изучаемого процесса, разработаны критерии выделения событий сигнала, изучается фоновая подложка, ведется анализ набранной статистики.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Федотович Г. В.

## Рождение электрон-позитронных пар каналированными заряженными частицами в кристаллах при осевом случае

Фартушев И. В.

Томский государственный педагогический университет

При влете заряженной частицы в кристалл под малым углом к осям возникает явление каналирования. В этом случае взаимодействие с кристаллом можно описывать при помощи непрерывных осевых потенциалов. С квантовой точки зрения частица захватывается в связанные с непрерывным потенциалом состояния и уровни поперечной энергии квантуются.

При переходе с одного уровня поперечной энергии на другой может испуститься реальный или виртуальный фотон. Виртуальный фотон может конвертироваться в  $e^+e^-$  пару.

В данной работе рассмотрен механизм образования  $e^+e^-$  пары каналированным электроном. Этот процесс не описывается в рамках стандартной теории возмущений, так как каналирующий электрон находится в сильном внешнем поле кристалла и не может быть описан с помощью плоской волны.

В данном процессе выполняются законы сохранения энергии и продольного импульса: 
$$\left. \begin{aligned} (E_i + \varepsilon_i) - (E_f + \varepsilon_f) &= E_+ + E_- \\ P_i^{\parallel} - P_f^{\parallel} &= P_+^{\parallel} + P_-^{\parallel} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь  $E_i$  - начальная энергия электрона,  $E_f$  - конечная энергия электрона ( $\varepsilon_i, \varepsilon_f$  - поперечные энергии в начальном и конечном состоянии),  $P^{\parallel}$  - продольные импульсы.

В случае образования симметричных пар  $E_+ = E_-$ . Из системы (1) следует связь между энергией образованных  $e^+e^-$  пар и угла вылета относительно оси:

$$\text{Cos}q = \frac{\sqrt{E_i^2 - m^2} - \sqrt{(E_i - 2E_{\pm})^2 - m^2}}{2\sqrt{(E_{\pm} - m)(E_{\pm} + m)}} \quad (2)$$

Требование  $0 \leq \text{Cos}q \leq 1$  дает  $(E_i + m)/2 \leq E_{\pm} \leq E_i$ .

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Кунашенко Ю. П.

**Моделирование и измерение интенсивности потока  
поляризованных молекул водорода и дейтерия**

Юрченко А. В.

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск  
Новосибирский государственный университет

В Институте Ядерной Физики им. Г. И. Будкера ведутся работы с поляризованной дейтронной мишенью по исследованию спиновой структуры ядерного взаимодействия. В основе источника поляризованных атомов лежит классический метод Штерна-Герлаха по пространственному разделению атомов с различными магнитными моментами в неоднородном магнитном поле. Интенсивность таких источников принципиально ограничена процессами внутривулканового рассеяния и составляет  $\sim 10^{17}$  атомов/с. Атомарный водород и дейтерий не удается накапливать и хранить, поскольку они весьма реакционные.

Был предложен метод, в котором оба этих недостатка устранены. Используя сверхпроводящие магниты имеющегося источника атомов, демонстрируется возможность получения поляризованных молекул водорода и дейтерия. Хотя магниты не оптимальны для данной задачи, уже можно получать значимые потоки поляризованных по ядерному спину молекул. Полученные результаты можно использовать для разработки прототипа источника с большей интенсивностью.

Поляризованный дейтерий также интересен как будущее топливо в термоядерных установках.

В данной работе приводится Монте-Карло моделирование траекторий молекул в источнике с учетом взаимодействия частиц со стенками в присутствии неоднородного магнитного поля. В результате моделирования определяется пространственное распределение молекул. Приводятся экспериментальные результаты измерений, которые сравниваются с моделированием. Обсуждаются полученные результаты. Делаются выводы.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук Топорков Д. К.

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Барц Е. О. ....	5	Кулиджоглян В. А. ....	14
Богданов С. А. ....	6	Литвинов Р. А. ....	15
Веровкин А. Е. ....	7	Майборода В. А. ....	16
Винокуров Н. А. ....	8	Мальцев Т. В. ....	18
Ганиев Э. Б. ....	9	Маматюков М. Ю. ....	17
Давыдов А. Д. ....	10	Сунь Чжипэн ....	18
Жабин В. Н. ....	11	Толмачев С. С. ....	19
Корнеев Л. А. ....	12	Фартушев И. В. ....	20
Кудашкин Д. В. ....	13	Юрченко А. В. ....	21

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Барц Е. О. ....	5
Богданов С. А. ....	6
Веревкин А. Е. ....	7
Винокуров Н. А. ....	8
Ганиев Э. Б. ....	9
Давыдов А. Д. ....	10
Жабин В. Н. ....	11
Корнеев Л. А. ....	12
Кудашкин Д. В. ....	13
Кулиджоглян В. А. ....	14
Литвинов Р. А. ....	15
Майборода В. А. ....	16
Маматюков М. Ю. ....	17
Сунь Чжипэн, Мальцев Т. В. ....	18
Толмачев С. С. ....	19
Фартушев И. В. ....	20
Юрченко А. В. ....	21
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ</b> .....	<b>22</b>
<b>ОГЛАВЛЕНИЕ</b> .....	<b>23</b>

МАТЕРИАЛЫ  
55-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

МНСК–2017

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,  
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

*Материалы конференции публикуются в авторской редакции*

---

Подписано в печать 31.03.2017

Офсетная печать

Заказ № \_\_\_\_\_

Формат 60x84/16

Уч.-изд. л. 8,6. Усл. печ. л. 10,6.

Тираж 140 экз.

---

Редакционно-издательский центр НГУ  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2