

Материалы секции

**ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ**



14-19 апреля 2019
НОВОСИБИРСК

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МНСК-2019

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

Материалы
57-й Международной научной студенческой конференции

14–19 апреля 2019 г.

Новосибирск
2019

УДК 15.010
ББК Ю 9
Ф 50

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

Председатель секции – канд. физ.-мат. наук А. Ю. Гармаш

Ответственный секретарь секции – Т. В. Мальцев

Экспертный совет секции
д-р физ.-мат. наук М. Н. Ачасов
канд. физ.-мат. наук А. Ю. Гармаш
канд. физ.-мат. наук Е. А. Кравченко
канд. физ.-мат. наук П. П. Кроковный
д-р физ.-мат. наук А. С. Кузьмин
д-р физ.-мат. наук И. Б. Логашенко
канд. физ.-мат. наук А. В. Резниченко
канд. физ.-мат. наук К. Ю. Тодышев

Ф 50 Физика элементарных частиц, астрофизика и космология :
Материалы 57-й Междунар. науч. студ. конф. 14–19 апреля 2019 г. /
Новосиб. гос. ун-т. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2019. – 16 с.

ISBN 978-5-4437-0865-2

УДК 15.010
ББК Ю 9

ISBN978-5-4437-0865-2

© СО РАН, 2019
© Новосибирский государственный
университет, 2019

NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ISSC-2019

HIGH ENERGY PHYSICS,
ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Proceedings
of the 57th International Students Scientific Conference

April, 14–19, 2019

Novosibirsk
2019

УДК 15.010
ББК Ю 9
Ф 50

Section scientific supervisor – Corresponding Member RAS,
Dr. Phys.-Math., Prof. A. E. Bondar

Section head – Cand., Phys.-Math. A. Yu. Garmash

Section responsible secretary – T. V. Maltsev

Section scientific committee

Dr. Phys.-Math. M. N. Achasov

Cand., Phys.-Math. A. Yu. Garmash

Cand., Phys.-Math. E. A. Kravchenko

Cand., Phys.-Math. P. P. Krovovny

Dr. Phys.-Math. A. S. Kuzmin

Dr. Phys.-Math. I. B. Logashenko

Cand., Phys.-Math. A. V. Reznichenko

Cand., Phys.-Math. C. Yu. Todyshev

Ф 50 High Energy Physics, Astrophysics and Cosmology : Proceedings
of the 57th International Students Scientific Conference / Novosibirsk
State University. – Novosibirsk : IPC NSU, 2019. – 16 p.

ISBN 978-5-4437-0865-2

УДК 15.010
ББК Ю 9

ISBN 978-5-4437-0865-2

© SB RAS, 2019

© Novosibirsk State University, 2019

Изучение метода Time-Over-Threshold для измерения амплитуды сигнала в мюонных детекторах эксперимента TAIGA

Г. Д. Ватник

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

Представленная работа проводится в рамках эксперимента TAIGA (Tunka Advanced Instrument for cosmic ray physics and Gamma Astronomy), направленного на детектирование и изучение широких атмосферных ливней, создаваемых высокоэнергетичными частицами энергией более 100 ТэВ. Частью детектирующей системы эксперимента являются мюонные сцинтилляционные детекторы. Для удешевления их считывающей электроники требуется измерять амплитуду сигнала методом Time-Over-Threshold (TOT). Чтобы убедиться в возможности применения данного метода, нужно изучить зависимость интеграла импульсного сигнала от TOT и определить погрешности метода. Для этой цели была разработана следующая схема эксперимента: светодиод подключается к импульсному источнику напряжения, свет от светодиода попадает на переизлучатель, вторичный свет от которого регистрируется ФЭУ с известным коэффициентом усиления. Сигнал с ФЭУ проходит через усилитель-формирователь и записывается осциллографом в качестве экспериментальных данных. За счет изменения амплитуды напряжения источника происходит изменение интенсивности вспышки светодиода, а значит и амплитуды сигнала с ФЭУ. Результат обработки полученных данных дает понимание о применимости метода TOT в целях эксперимента TAIGA.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Е. А. Кравченко

Измерение вероятности перехода $\Upsilon(5S) \rightarrow \Upsilon(2S)\eta$

Е. А. Коваленко

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

За время работы эксперимента Belle был набран интеграл светимости порядка 1000 фб^{-1} в диапазоне энергий от 9,46 до 11,02 ГэВ в системе центра масс (сцм), что соответствует резонансам $\Upsilon(1S) - \Upsilon(6S)$. Помимо основной задачи изучения нарушения СР четности в распадах В-мезонов, было получено множество новых результатов по физике боттомония – связанного состояния b - и анти- b -кварков. В частности впервые наблюдались переходы между $\Upsilon(nS)$ состояниями с испусканием η -мезона. Однако вероятности этих переходов оказались существенно выше ожидаемых значений. Дополнительная информация поможет лучше понять свойства боттомония. В данной работе представлено первое изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \Upsilon(2S)\eta$ на энергии 10,87 ГэВ в сцм, соответствующей $\Upsilon(5S)$ резонансу. С помощью ПО $\frac{\text{GEANT}}{\text{EvtGen}}$ было проведено моделирование процесса методами Монте-Карло, на основе которого определены предварительные критерии отбора сигнальных событий, эффективность регистрации составила 35 ± 2 %. Выполнен отбор событий с $\Upsilon(2S)\eta$ в конечном состоянии для экспериментальных данных, и проведено сравнение экспериментальных распределений с результатами моделирования. Изучен вклад физического фона от процессов $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. Ю. Гармаш

**Методика идентификации событий с заряженными K -мезонами
в конечном состоянии на детекторе СНД**

Н. А. Поздняков

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

Данная работа посвящена изучению и применению методики идентификации частиц на детекторе СНД, работающего на коллайдере ВЭПП-2000.

Задача идентификации частиц является первоочередной при измерении сечений различных процессов. Для различения заряженных K -мезонов и заряженных π -мезонов на детекторе СНД используют аэрогелевый черенковский счетчик (АЧС), срабатывающий от π -мезонов с импульсом выше 265 МэВ/с и не срабатывающий от каонов при любых доступных импульсах на ВЭПП-2000. Однако ввиду возрастающей с уменьшением энергии K -мезона вероятности его распада в более легкие частицы еще до попадания в АЧС уменьшается эффективность использования АЧС для идентификации каонов. При энергии 550 МэВ и ниже целесообразным оказывается использование данных об удельных ионизационных потерях частицы, получаемых с дрейфовой камеры. При идентификации частиц по их ионизационным потерям необходимо также учитывать эффект насыщения, влияющий на значение получаемых данных об ионизационных потерях. Используя вышеописанные методы, можно с высоким уровнем точности разделить K -мезоны и π -мезоны в конечном состоянии.

Таким образом, целью данной работы является унифицированный модуль, встроенный в ПО СНД, функцией которого является идентификация событий, в конечном состоянии которых присутствуют заряженные K -мезоны.

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

Когерентное униполярное излучение Вавилова – Черенкова и дифракционное излучение, генерируемое релятивистским пучком электронов

К. Е. Попов

Национальный исследовательский
Томский политехнический университет

Для обычного (биполярного) электромагнитного излучения (ЭМИ) интеграл величины напряженности электрического поля по времени равен нулю, то есть

$$\int_{-\infty}^{+\infty} E(t) dt = 0,$$

где $E(t)$ – напряженность электрического поля ЭМИ.

Если вышеуказанный интеграл не равен нулю, то излучение называется униполярным.

Первые теоретические исследования возможности генерации униполярного ЭМИ релятивистскими электронами были проведены в работе [1]. С момента публикации [1] было уделено большое внимание в основном исследованию униполярности синхротронного излучения (например, [2]). Однако экспериментально это явление не исследовалось, за исключением работы [3]. Чтобы заполнить данный пробел, был проведен эксперимент по исследованию униполярности излучения Вавилова – Черенкова от тефлоновой призмы и обратного дифракционного излучения от металлической пластины в миллиметровом диапазоне длин волн ЭМИ.

Эксперимент проводился на пучке электронов с энергией 6,1 МэВ на микротроне Томского политехнического университета. Для регистрации униполярного излучения был разработан детектор, чувствительный к выделенному направлению вектора напряженности электрического поля.

Результаты эксперимента демонстрируют частичную униполярность излучения Вавилова – Черенкова и почти полную униполярность обратного дифракционного излучения.

1. *Bessonov E. G.* On a class of electromagnetic waves // Sov. Phys. JETP 53 (1981) 433.

2. *Shwartz M. et al.* Analytical calculation of the electric field of a coherent THz pulse // Phys. Rev. St AB 17 050701 (2014).

3. *Naumenko G. et al.* First indication of the coherent unipolar diffraction radiation generated by relativistic electrons // J. of Instr. 13, 2018.

Научный руководитель – д-р физ.-мат. наук, проф. Г. А. Науменко

Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma$ с детектором СНД

Я. Савченко

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

С 2010 года в Институте ядерной физики СО РАН ведутся эксперименты на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000. Одним из основных пунктов физической программы коллайдера является прецизионное измерение сечений аннигиляции электрон-позитронной пары в адроны. На базе ВЭПП-2000 работают 2 детектора элементарных частиц: Сферический Нейтральный Детектор (СНД) и Криогенный Магнитный Детектор (КМД-3).

Целью данной работы является изучение процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma \rightarrow 3\pi^0\gamma$ в 7-фотонном конечном состоянии. Для исследования были использованы данные, набранные на СНД на ВЭПП-2000 в 2013 году (около 15 пб^{-1}) в диапазоне энергий 560 МэВ – 1060 МэВ в системе центра масс. Для выделения сигнального процесса использовалась кинематическая реконструкция событий. Интегральная светимость определялась по процессу $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Л. В. Кардапольцев

Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$ в диапазоне энергий до 2 ГэВ в системе центра масс с детектором КМД-3 на коллайдере ВЭПП-2000

А. В. Семенов

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

Целью данной работы является измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$ в области энергий от порога рождения (~ 1130 МэВ) до 2 ГэВ. В анализе процесса использовались данные, полученные в экспериментах 2011–2012 гг. с детектором КМД-3. Интеграл светимости составил $33,18 \text{ пб}^{-1}$.

Физическая программа проекта ВЭПП-2000 включает точное измерение инклюзивного сечения $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$ в диапазонах низких энергий, вычисление адронного вклада в измерение мюонного аномального магнитного момента в рамках Стандартной Модели и подтверждение модели векторной доминантности, описывающей взаимодействие фотона с адронами. Конечные состояния с двумя K -мезонами и одним π -мезоном составляют 12 % вклад в адронное сечение при энергии 1650 МэВ. Так как КХД в данных диапазонах энергий является пертурбативной, то единственным способом изучения взаимодействия легких кварков является эксперимент.

Процесс $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$ рассматривается в следующих каналах распада: $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$ и $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$. Для определения критериев отбора и эффективности регистрации процесса использовалось сигнальное моделирование Монте-Карло, представленное в двух моделях: $e^+e^- \rightarrow K^* K$, $e^+e^- \rightarrow \phi \pi^0$. Для оценки эффекта фоновых процессов использовалось моделирование генератора MHG2000.

В данной работе были получены эффективность регистрации, радиационные поправки и сечение данного процесса $e^+e^- \rightarrow K_S K_L \pi^0$ для сезонов 2011–2012 гг. Также проведено сравнение полученных результатов с результатами коллабораций BaBar и SND.

Научный руководитель – д.-р физ.-мат. наук, проф. Б. А. Шварц

Исследование устойчивости трехмерных состояний динамического равновесия самогравитирующего газа Власова – Пуассона

Ш. Сунь

Новосибирский государственный университет

В работе рассматриваются пространственные движения бесконечного бесстолкновительного самогравитирующего газа Власова – Пуассона нейтральных частиц в трехмерной системе декартовых координат.

Цель данной работы – доказать абсолютную линейную неустойчивость пространственных состояний динамического равновесия газа Власова – Пуассона относительно малых трехмерных возмущений.

В работе был осуществлен переход от кинетических уравнений, описывающих движение изучаемого газа, к бесконечной системе гидродинамических уравнений типа «вихревой мелкой воды». В ходе доказательства неустойчивости было обращено известное достаточное условие устойчивости Ньюкомба – Гарднера – Розенблюта этих состояний равновесия по отношению к одному подклассу малых пространственных возмущений. Также было получено дифференциальное неравенство, из которого при выполнении найденных в данной работе достаточных условий линейной практической неустойчивости исследуемых состояний динамического равновесия вытекает априорная экспоненциальная оценка снизу роста малых трехмерных возмущений. Поскольку эта оценка была выведена без каких бы то ни было дополнительных ограничений на рассматриваемые состояния равновесия, то тем самым как раз и доказана абсолютная линейная неустойчивость изучаемых пространственных состояний динамического равновесия газа Власова – Пуассона относительно малых трехмерных возмущений.

Результаты данной работы распространяют классическую теорему Ирншоу о неустойчивости, в соответствии с которой всякая равновесная конфигурация точечных электрических зарядов неустойчива, если на них, кроме собственных кулоновских сил притяжения и отталкивания, никакие другие силы не действуют, на бесконечный бесстолкновительный самогравитирующий газ Власова – Пуассона нейтральных частиц и полностью согласуются с ней.

Установленным здесь достаточным условиям линейной практической неустойчивости присуща конструктивность, позволяющая применять их в качестве механизма тестирования и контроля при проведении физических экспериментов и выполнении численных расчетов.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Ю. Г. Губарев

Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow K_s K_{\ell s}$ детектором КМД-3

А. А. Усков

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

Задача данной работы – изучение процесса $e^+e^- \rightarrow K_s K_{\ell s}$ детектором КМД-3 на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000. Для анализа использована статистика, набранная детектором КМД-3 в интервале энергий 1,2–2ГэВ в заходах 2011, 2012 и 2017 гг., с общим интегралом светимости $\sim 60 \text{ пб}^{-1}$. Разработана методика отбора полезных событий во всем диапазоне энергий, которая состоит из:

1) кинематических ограничений на 4 заряженных трека (рабочая область дрейфовой камеры, количество хитов, ограничение на импульс трека);

2) перебора комбинаций треков для выделения K_s -мезона по инвариантной массе и отлету вершины;

3) ограничения на энергию фотонов, непривязанных к трекам.

4) финального отбора сигнальных событий, основанного на анализе двумерного распределения четырехтрековых событий по дисбалансу энергии ΔE и модуля векторной суммы импульсов всех четырех частиц Δp .

Моделирование требуется для определения эффективности регистрации, выбора критериев отбора сигнальных событий и оценки систематических ошибок при варьировании условий отбора.

Для отделения заряженных каонов от пионов используется методика функции правдоподобия (PDF), что позволяет определить инвариантную массу как K^* , так и $K^{*\pm}$. Было показано, что процесс с конечным состоянием $K_s K_{\ell s}$ идет в основном через промежуточное состояние $K^* K_s$.

Измеренное сечение может быть полезно для физики легких адронов из u -, d -, s -кварков, уточнения адронного вклада в аномальный магнитный момент мюона, независимого измерения параметров резонанса $\phi(1680)$. Также интересна промежуточная динамика этого процесса, которая позволяет проверить изотопические соотношения и измерить параметры этих промежуточных состояний. Еще эти результаты важны для спектроскопии странных мезонов и определения форм-факторов, которые полезны для Dalitzplot анализа.

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

Получение поляризованных молекул H_2 и D_2

А. В. Юрченко

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

В Институте ядерной физики ведутся работы по получению поляризованных пучков молекул водорода и дейтерия для различных физических исследований. В основе поляризованного источника лежит классический метод Штерна – Герлаха по пространственному разделению атомов в неоднородном магнитном поле. Интенсивность атомарных источников принципиально ограничена физическими процессами и составляет $\sim 10^{17}$ атомов/с. Атомарный водород и дейтерий не удается накапливать и хранить, поскольку они реакционные.

Был предложен метод, в котором эти недостатки устранены. Используя компоненты имеющегося в ИЯФ источника атомов, был построен источник поляризованных молекул, содержащий сверхпроводящие секступольные магниты. Хотя магниты не были оптимизированы для работы с молекулами, уже можно получать значимые потоки поляризованных по ядерному спину.

В данной работе была продемонстрирована принципиальная возможность получения поляризованных молекул H_2 и D_2 . Для численного расчета движения молекул с различными проекциями спина в магнитной системе использовалась ранее написанная программа Монте-Карло моделирования. Установлено [1], что максимальный достигнутый поток поляризованных, сфокусированных в детектор молекул H_2 , составляет $\sim 3 \cdot 10^{12}$ мол./с. Для D_2 поток примерно в 7 раз меньше. Расчеты для H_2 показали (не учитывается внутривидовое рассеяние и ослабление пучка), что отношение потока в детектор к полному потоку из сопла составляет $2,3 \cdot 10^{-6}$. Это не противоречит результатам эксперимента. Моделирование показывает, что ядерная поляризация сфокусированного пучка $P_z = -0,99$. Обсуждаются результаты и делаются выводы.

Результаты можно использовать для разработки прототипа источника с большей интенсивностью. Поляризованный дейтерий также интересен как будущее топливо в термоядерных установках. В дальнейшем планируются измерения ядерной поляризации атомов/молекул Lamb-Shift поляриметром в рамках совместного гранта РФФИ 16-42-01009 и DFGBU 2227/1-1.

1. *Toporkov D. K. et al.* Source of polarized hydrogen molecules // Nucl. Instrum. Methods A. 2017. Vol. 868. P. 15–18. doi:10.1016/j.nima.2017.06.038

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

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Ватник Г. Д.	5	Семенов А. В.	10
Коваленко Е. А.	6	Сунь Ш.	11
Поздняков Н. А.	7	Усков А. А.	12
Попов К. Е.	8	Юрченко А. В.	13
Савченко Я.	9		

СОДЕРЖАНИЕ

Ватник Г. Д.	5
Коваленко Е. А.	6
Поздняков Н. А.	7
Попов К. Е.	8
Савченко Я.	9
Семенов А. В.	10
Сунь Ш.	11
Усков А. А.	12
Юрченко А. В.	13
Авторский указатель.....	14

Научное издание

МНСК-2019

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

Материалы
57-й Международной научной студенческой конференции

14–19 апреля 2019 г.

Корректор *А. А. Скворцова*
Верстка *О. А. Тенекеджи*
Обложка *Е. В. Неклюдовой*

Подписано в печать 01.04.2019 г.
Формат 60х84/16. Уч.-изд. л. 1. Усл. печ. л. 0,9.
Тираж 47 экз. Заказ № 37.
Издательско-полиграфический центр НГУ.
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.

Секция

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

ISBN 978-5-4437-0865-2



9 785443 708652

N* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

