

Материалы секции

**ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ**



22-27 апреля 2018

НОВОСИБИРСК

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МНСК-2018

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

Материалы
56-й Международной научной студенческой конференции

22–27 апреля 2018 г.

Новосибирск
2018

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 — д-р физ.-мат. наук, проф. В. И. Тельнов

Ответственный секретарь секции — А. А. Ботов

Экспертный совет секции:
д-р физ.-мат. наук В. И. Тельнов
д-р физ.-мат. наук Б. А. Шварц
д-р физ.-мат. наук Р. Н. Ли
канд. физ.-мат. наук В. Б. Голубев

Ф 50 Физика элементарных частиц, астрофизика и космология : Материалы 56-й Междунар. науч. студ. конф. 22–27 апреля 2018 г. / Новосибир. гос. ун-т. — Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2018. — 18 с.

ISBN 978-5-4437-0745-7

УДК 15.010
ББК Ю 9

ISBN 978-5-4437-0745-7

© СО РАН, 2018
© Новосибирский государственный
университет, 2018

NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ISSC-2018

HIGH ENERGY PHYSICS, ASTROPHYSICS AND COSMOLOGY

Proceedings
of the 56th International Students Scientific Conference

April, 22–27, 2018

Novosibirsk
2018

УДК 15.010
ББК Ю 9
Ф 50

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

Section head — Dr. Phys.-Math., Prof. V. I. Telnov

Section responsible secretary — A. A. Botov

Section scientific committee:
Dr. Phys.-Math. V. I. Telnov
Dr. Phys.-Math. B. A. Shvartz
Dr. Phys.-Math. R. N. Li
Cand. Phys.-Math. V. B. Golubev

Ф 50 High Energy Physics, Astrophysics and Cosmology : Proceedings of
the 56th International Students Scientific Conference. April, 22–27, 2018 /
Novosibirsk State University. — Novosibirsk : IPC NSU, 2018. — 18 p.

ISBN 978-5-4437-0745-7

УДК 15.010
ББК Ю 9

ISBN 978-5-4437-0745-7

© SB RAS, 2018
© Novosibirsk State University, 2018

Расчет вероятности вылета частиц из топливных таблеток сферической и цилиндрической форм

Т. А. Атовуллаев, М. Е. Кузнецова
Томский политехнический университет

На сегодняшний день проблема работы с использованным ядерным топливом является актуальной. Наличие в таком топливе источников ионизирующего излучения с большим периодом полураспада представляет опасность для человека и окружающей среды. Величина воздействия зависит от параметров частиц, вылетающих из топлива, которые, в свою очередь, зависят от условий эксплуатации, а также от формы, состава, типа топлива. На сегодняшний день является перспективным использование диспергированного торий-плутониевого топлива. Топливо с шаровой засыпкой будет использовано в высокотемпературных газоохлаждаемых ториевых реакторных установках (ВГТРУ) нового поколения. Достоинствами таких установок являются безопасность, высокий КПД, возможность наработки гелия, а также возможность производства топлива на отечественных предприятиях. Целью данной работы является разработка мер безопасности при работе с отработавшим диспергированным ядерным торий-плутониевым топливом для реакторов нового поколения. В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи: рассчитаны вероятности вылета частиц из образцов сферической и цилиндрической формы, получены энергетические спектры альфа-частиц, вылетающих из ядра сферической формы, и спектр нейтронов, вылетающих из топливной таблетки цилиндрической формы.

В ходе работы были получены формулы для расчета вероятности вылета частиц из топливных таблеток с диспергированным ториевым топливом для ВГТРУ. Произведены расчеты вероятности вылета и спектра альфа-частиц из ядра сферической формы на примере U-235, а также вероятности вылета и спектра нейтронов из топливной таблетки цилиндрической формы. Для расчета использовалась база данных SRIM и пакет Wolfram Mathematica. По полученным формулам можно провести расчеты для любой композиции топлива в ядрах и топливных таблетках сферических и цилиндрических форм. Также, если известны потери энергии частиц на единицу пути, эти формулы позволяют рассчитать спектр вылета для данных частиц из образцов вышеприведенных форм.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук, доцент С. В. Беденко

Моделирование токового слоя межпланетного магнитного поля

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

Следствием дипольного характера общего магнитного поля Солнца является то, что межпланетное магнитное поле (ММП) имеет противоположную направленность в северном и южном полушарии. При этом плоскость, проходящая через солнечный экватор, разделяет области ММП противоположного направления. Эта плоскость, точнее относительно тонкий слой в окрестности этой плоскости, называется нейтральным слоем (или токовым), поскольку в этой области магнитное поле отсутствует. Поскольку плоскость солнечного экватора наклонена по отношению к плоскости эклиптики на угол, равный 7 градусам, за время одного оборота Солнца вокруг своей оси (27 суток) Земля должна дважды пересекать нейтральный слой. Каждое такое пересечение сопровождается изменением направления ММП на противоположное. Это так называемый эффект секторной структуры ММП, суть которого состоит в том, что неподвижный наблюдатель, расположенный вблизи Земли, регистрирует смену направленности ММП несколько раз за время одного оборота Солнца. По причине того, что общее магнитное поле Солнца не является чисто дипольным, а солнечный ветер не является идеально сферически симметричным, реальный нейтральный слой имеет сложную форму с отклонениями в ту и другую сторону от плоскости солнечного экватора. На разных фазах солнечной активности наблюдается разное количество секторов ММП. Чаще всего наблюдается два или четыре сектора ММП.

В данной работе предложена многопараметрическая модель ММП, которая предполагается разделенной на две полусферы с противоположными знаками, граница между которыми деформирована. Проводится сопоставление модели с наблюдательными данными. Параметры модели определяются с помощью метода градиентного спуска. На основе анализа полученных данных проведена оценка искривления нейтрального токового слоя.

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

**Изучение распада B^+ в протон-антипротонную пару
и K^+ (π^+) на детекторе Belle**

К. С. Гудкова

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

Целью данной работы является изучение трехчастичных распадов $B^+ \rightarrow p\bar{r}K^+$ и $B^+ \rightarrow p\bar{r}\pi^+$. Для исследования этих процессов использовались данные, полученные в эксперименте Belle (интегральная светимость $\sim 710 \text{ фб}^{-1}$). Для определения критериев отбора и эффективностей регистрации использовалось сигнальное моделирование Монте-Карло с применением процедуры оптимизации. Были измерены относительные вероятности распадов как функции инвариантной массы пары протон-антипротон. Особенностью спектра инвариантной массы пары $p\bar{r}$ — является усиление вблизи порога рождения. Полученные результаты могут быть полезны для проверки гипотез о природе данного усиления.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук, проф. К. С. Эйдельман

**Корректировка эффективности регистрации
счетчиков Гейгера - Мюллера
для области энергий гамма-излучения от 0,05 до 3 МэВ**

А. Ю. Ивашева

Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики, г. Санкт-Петербург

Счетчики Гейгера — Мюллера являются наиболее распространенным вариантом детектирующего элемента, используемого в большинстве как бытовых дозиметров, так и специализированных приборов двойного назначения. Они компактны и позволяют использовать относительно простую схемотехнику для обработки регистрируемого сигнала.

Вычисление мощности дозы гамма-излучения производится по скорости счета, получаемой на счетчике:

$$P = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{n}{1 - n \cdot \tau},$$

где P — искомая мощность поглощенной дозы, мГр/ч; η — чувствительность счетчика, (имп/с)/(мГр/ч); n — скорость счета, зарегистрированная в счетчике, имп/с; τ — мертвое время, с.

Чувствительность счетчика определяется эффективностью регистрации, которая сильно зависит от энергии падающего излучения. Обычно производителем счетчика приводится значение коэффициента чувствительности, откалиброванное по источнику Cs-137. При попытке измерения мощности дозы, например, от источника рентгеновского излучения или других радионуклидов, возникает погрешность, составляющая несколько порядков из-за зависимости эффективности регистрации счетчика от энергии излучения.

Для корректировки эффективности регистрации счетчиков Гейгера — Мюллера применяют фильтры, представляющие собой металлические пластины или фольги, которые частично поглощают низкоэнергетическое излучение.

Представленное в работе исследование посвящено поиску оптимального корректирующего фильтра для выравнивания энергетической зависимости чувствительности счетчика в области энергии от 0,05 до 3 МэВ. В ходе работы были построены математические модели наиболее распространенных счетчиков и подобраны соответствующие конструкции корректирующих фильтров для них.

Научный руководитель — П. В. Семенихин

Сцинтилляционные детекторы установки TAIGA-MUON

П. С. Кириленко

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

TAIGA (Tunka Advanced Instrument for high-energy astrophysics and Gamma-Astronomy) — эксперимент, направленный на регистрацию гамма-квантов энергией более 10 ТэВ. Эксперимент располагается в Тункинской долине (республика Бурятия) и включает в себя различные виды детекторов, распределенных на территории порядка 1 км². Задача установки TAIGA-MUON состоит в разделении адронных и электромагнитных ШАЛ (широких атмосферных ливней) по измерению их мюонной компоненты. Детектирующая станция TAIGA-MUON будет состоять из 8 сцинтилляционных счетчиков на поверхности и 40 счетчиков под землей. Эффективная площадь регистрации счетчика приблизительно равна 0,9 м². Для сбора сцинтилляционного света используется световод, представляющий собой пластину из органического стекла с примесью переизлучателя. Конструкция счетчика позволяет использовать для регистрации света малогабаритный ФЭУ с диаметром фотокатода 25 мм. Средняя амплитуда сигнала при регистрации одиночного мюона составляет 18–20 фотоэлектронов. Первый прототип счетчика был установлен и испытан на базе установки Tunka-GRANDE в 2017 году. В 2018 году в НГУ начато массовое производство счетчиков.

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

Мониторирование светимости в эксперименте Belle-2

Е. А. Коваленко

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

С 2012 г. в лаборатории физики высоких энергий КЕК (Япония) идет подготовка к экспериментам с детектором Belle-2 на коллайдере SuperKEKB. Основная цель экспериментов — изучение физики кварковых ароматов и CP-нарушения. Для контроля набранной статистики и обеспечения необходимого качества данных необходимо непрерывное мониторирование светимости коллайдера. Одной из систем для контроля светимости SuperKEKB является монитор светимости, который осуществляет измерения скорости счета событий e^+e^- -рассеяния на основе анализа аналоговых сигналов с торцевых секций электромагнитного калориметра детектора Belle-2. Основная идея работы монитора светимости заключается в измерении частоты совпадения сигналов в противоположных секторах торцевого калориметра.

В данной работе дано описание методики измерения светимости, приведены результаты Монте-Карло моделирования процессов регистрации e^+e^- -событий монитором светимости с учетом фона, изучены систематические ошибки, описаны процедуры калибровки и тестирования блока.

Видимое сечение e^+e^- -рассеяния, определенное как

$$\sigma_{\text{видимое}} = N_{\text{регистрируемое}} / N_{\text{полное}} \times \sigma,$$

где σ — сечение рассеяния в заданный интервал углов, посчитанное генератором процесса, составило $\sigma_{\text{видимое}} = 29,28 \pm 0,18$ нб, где ошибка статистическая. Проведено изучение вклада процесса аннигиляции e^+e^- в два гамма-кванта, неразличимого с использованием только монитора светимости, который составил $\sigma_{\gamma\gamma} = 0,94 \pm 0,01$ нб, где ошибка статистическая.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук В. Е. Шебалин

Детектор для изучения быстрых динамических процессов на пучке синхротронного излучения

Д. В. Кудашкин

Новосибирский государственный университет

В течение последних 15 лет в ИЯФе проводятся исследования быстропротекающих процессов на пучке синхротронного излучения (СИ). Для этих исследований был разработан детектор DIMEX (Detector for Imaging of Explosions — детектор для изучения взрывных процессов). Он представляет собой ионизационную камеру, заполненную газом высокого давления, регистрирующую электронную компоненту первичной ионизации.

При больших загрузках детектора в газе происходит образование объемного заряда ионов, который ухудшает разрешающую способность и снижает квантовую эффективность. Для учета влияния объемного заряда ионов были проведены расчеты плотности заряда ионов в газе. На основе этого рассчитываются электрические поля и выполняется моделирование транспорта электронов. Далее, с учетом полученной величины диффузии электронов проводится моделирование с последующим расчетом квантовой эффективности и пространственного разрешения.

Измерения параметров детектора DIMEX проводились на пучке СИ накопителя ВЭПП-3 со средней энергией ~ 20 кэВ и загрузках в диапазоне 200–8000 фотонов/канал-сгусток. Канал детектора имеет ширину 100 мкм, высота пучка 200 мкм. Сгустки в накопителе пролетают каждые 125 нс. В качестве оценки пространственного разрешения измерялась длина корреляции, представляющая собой ширину автокорреляционной функции. При загрузке до ~ 1000 фотонов/канал-сгусток значение квантовой эффективности близко к 40 %, а длина корреляции составляет ~ 2 канала. При увеличении загрузки значение квантовой эффективности падает до 10–20 %, а значение длины корреляции возрастает до 3–4 каналов. Такое ухудшение параметров связано, по-видимому, с увеличением объемного заряда ионов и значительным искажением поля в чувствительном объеме детектора. Проводимое моделирование должно прояснить эту проблему.

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук, доцент Л. И. Шехтман

Изучение внеземного вещества

Ю. А. Лемазина, Д. О. Воркунова
Казанский (Приволжский) федеральный университет

Исследования образцов снега с вершины горы Чукша Марий-Эл (278 м), выполненные в 2017 г., показали наличие микрометеоритов на земной поверхности. Образцы изымались путем фильтрования снеговой воды. Дальнейшие исследования проводились в геофизической лаборатории. Для выделения необходимых объектов использовался оптический микроскоп Аxiо. Увиденные под микроскопом округлые частицы и те частицы, которые двигались за магнитом, доставались на углеводородный скотч с помощью иголки. Использовался оптический микроскоп, так как некоторые частицы тяжело увидеть невооруженным глазом.

Следующий шаг — помещение интересных образцов на электронный микроскоп. Электронный микроскоп (ЭМ) — прибор, позволяющий получать изображение объектов с максимальным увеличением до 10^6 раз. Также был осуществлен рентгеноспектральный анализ. При изучении отобранных образцов с помощью сканирующего электронного микроскопа в геофизической лаборатории КФУ нами были обнаружены частички, имеющие форму сферул и состоящие в основном из железа. Такие тела в наземных условиях не образуются и относятся к космической пыли. Особого многообразия частиц не было, в основном это, конечно же, была органика. По результатам работы найдены космические микросферы, которые состоят в основном из Fe и O. Показана возможность изучения внеземного вещества из снежного покрова. Теперь мы планируем изучить микросферы с помощью компьютерной рентгеновской томографии, что даст возможность изучения их внутреннего строения, а также подготовить шлифы микрометеоритов для изучения элементного состава внутреннего пространства.

Научный руководитель — Д. М. Кузина

**Изучение процесса $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ в диапазоне энергий 1,1–2,0 ГэВ
с детектором КМД-3**

Н. А. Петров

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

В данной работе приводятся результаты измерения сечения процесса $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ по данным, набранным с детектора КМД-3 в 2011, 2012 и 2017 гг. в диапазоне энергий от 1,1 до 2,0 ГэВ в системе центра масс.

Измерения сечений e^+e^- аннигиляции в адроны необходимы для расчета адронного вклада в поляризацию вакуума при измерении аномального магнитного момента мюона.

Процесс $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ регистрируется по распаду $K_S \rightarrow \pi^+\pi^-$. Выделяются события с неколлинеарными треками, выходящими не из места встречи пучков. Эффективность регистрации рассчитывается по моделированию Монте-Карло сигнального процесса. Эффективность триггера вычисляется с использованием информации двух независимых триггеров КМД - 3. Интегральная светимость определяется по процессу $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук П. А. Лукин

Изучение отклика времяпролетной системы КМД-3 в случае K_L -мезонов

А. В. Рыбальченко

Институт ядерной физики имени Г. И. Будкера, г. Новосибирск

В Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера расположен электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, работающий в области энергий от 0,32 ГэВ до 2 ГэВ в системе центра масс. Эксперименты на коллайдере проводятся с использованием детекторов СНД и КМД-3. Основной задачей экспериментов является измерение сечения аннигиляции электрон-позитронной пары в адроны. Одной из регистрирующих систем детектора КМД-3 является времяпролетная система, позволяющая определить время пролета частиц, рожденных после столкновения электрон-позитронных пучков.

В данной работе разрабатывалась методика идентификации событий $e^+e^- \rightarrow K_L K_S$, основанная на измерении времени пролета с помощью времяпролетной системы детектора. Анализ проводится вблизи энергии рождения резонанса $\phi(1020)$, распадающегося на нейтральные каоны K_L и K_S . Производился отбор K_S -мезонов по инвариантной массе продуктов распада — двух заряженных пионов. По реконструированному углу вылета K_S восстанавливалось направление вылета K_L , и в соответствующей области детектора отбирались срабатывания счетчиков времяпролетной системы. В качестве результата была получена гистограмма времен пролета K_L -мезонов. В анализе были учтены поправка к среднему времени пролета, связанная с зависимостью времени от полярного направления K_L -мезонов в системе координат детектора, и поправки, связанные с работой электроники. Сравнение сигнала от K_L -мезонов с сигналами от событий $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ и $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ позволяет более точно измерять время пролета, поэтому был проведен анализ отклика времяпролетной системы для процессов $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ и $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$.

Описанный анализ был применен к ряду точек по энергии. Была исследована зависимость среднего времени пролета от импульса каона и было проведено сравнение с расчетным значением времени пролета для K_L -мезонов, полученным из кинематики.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук, доцент И. Б. Логашенко

Измерение ионизационных потерь с дрейфовой камерой на детекторе КМД-3

А. А. Усков

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

Ионизационные потери (dE/dx) в дрейфовой камере детектора КМД-3 — один из ключевых параметров регистрируемого трека заряженной частицы. Данная дрейфовая камера представляет собой многопроволочную пропорциональную камеру, помещенную в магнитное поле 1,3 Тл и продуваемую смесью газов аргон-изобутан. Потери dE/dx на КМД-3 активно используются для идентификации протонов, каонов, пионов и электронов, и наиболее точное их определение является важнейшим шагом для выполнения прецизионных измерений на детекторе, в частности, анализа распадов фи-мезона и амплитудных анализов многоадронных систем с участием каонов. Однако измеряемые заряды на проволочках камеры не связаны напрямую с искомыми ионизационными потерями изучаемых треков. В рамках данной работы был разработан новый метод реконструкции dE/dx , включая корректный учет пространственного заряда ионов, образующихся в ходе усиления начальной ионизации. Была создана новая версия программного обеспечения для реконструкции и калибровки данных с детектора КМД-3 и проведено сравнение с данными из моделирования.

Научный руководитель — канд. физ.-мат. наук П. А. Сергеевич

**Проектирование магнитной системы
для создания интенсивного пучка поляризованных молекул H_2 и D_2**

А. В. Юрченко

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

В Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера ведутся работы по получению поляризованных пучков молекул водорода и дейтерия для различных физических исследований. В основе имеющегося источника (секступольные магниты) поляризованных молекул [1] лежит классический метод Штерна — Герлаха. Интенсивность этого источника ограничена геометрическими размерами и составляет $\sim 3 \cdot 10^{12}$ молекул H_2 в секунду с проекцией ядерного спина $m_1 = -1$, сфокусированных в детектор.

В работе [2] была предложена укрупненная схема магнитной системы с 60-польным магнитом для получения молекулярных пучков H_2 и D_2 высокой плотности. Распределение магнитного поля внутри апертуры мультипольного магнита было рассчитано численно с использованием программного пакета Mermaid. Из расчетов следует, что характерное значение градиента магнитного поля составляет около 60 кГс/см. Для численного расчета траекторий движения молекул с различными проекциями спина в этой магнитной системе использовалась ранее написанная программа Монте-Карло моделирования.

В данной работе рассматривается магнитная система для создания прототипа высокоинтенсивного источника поляризованных молекул. Рассчитана интенсивность этого источника. Ожидаемый поток молекул с $m_1 = -1$, сфокусированных в трубку-детектор, составляет $3 \cdot 10^{16}$ мол./с для H_2 и $2 \cdot 10^{15}$ мол./с для D_2 .

Расчеты показали (не учитывается внутривидовое рассеяние, ослабление пучка за счет рассеяния на остаточном газе), что интенсивность разрабатываемого прототипа молекулярного источника может превысить интенсивность имеющегося в ИЯФ источника более чем в 10^4 раза для H_2 и более 10^3 для D_2 . При этом потребуются существенно увеличить скорость откачки.

Работа поддержана совместным грантом РФФИ 16-42-01009 и DFG BU 2227/1-1.

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

2. *Yurchenko A. V. et al.* Design of magnetic system to produce intense beam of polarized molecules of H_2 and D_2 // Journal of Physics: Conference Series. 2017. V. 938. 012023. doi:10.1088/1742-6596/938/1/012023.

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

Указатель авторов

Атовуллаев Т. А.	5	Кудашкин Д. В.	11
Винокуров Н. А.	6	Кузнецова М. Е.	5
Воркунова Д. О.	12	Лемазина Ю. А.	12
Гудкова К. С.	7	Петров Н. А.	13
Ивашева А. Ю.	8	Рыбальченко А. В.	14
Кириленко П. С.	9	Усков А. А.	15
Коваленко Е. А.	10	Юрченко А. В.	16

Оглавление

Атовуллаев Т. А., Кузнецова М. Е.	5
Винокуров Н. А.	6
Гудкова К. С.	7
Ивашева А. Ю.	8
Кириленко П. С.	9
Коваленко Е. А.	10
Кудашкин Д. В.	11
Лемазина Ю. А., Воркунова Д. О.	12
Петров Н. А.	13
Рыбальченко А. В.	14
Усков А. А.	15
Юрченко А. В.	16

Научное издание

МНСК-2018

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

Материалы
56-й Международной научной студенческой конференции

22–27 апреля 2018 г.

Корректор *Д. М. Валова*
Верстка *А. С. Терешкиной*
Обложка *Е. В. Неклюдовой*

Подписано в печать 20.04.2018 г.
Формат 60 × 84/16. Уч.-изд. л. 1,1. Усл. печ. л. 1.
Тираж 100 экз. Заказ № 92.
Издательско-полиграфический центр НГУ.
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.

Секция

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ,
АСТРОФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

ISBN 978-5-4437-0745-7



N* Новосибирский
государственный
университет
***НАСТОЯЩАЯ НАУКА**

