

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА»
ПОДСЕКЦИЯ «АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА»

Азимутальная асимметрия в событиях с рождением B^+ -мезона в протонных соударениях в рамках эксперимента ATLAS на Большом Адронном Коллайдере

Болдырев Алексей Сергеевич

Студент

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

E-mail: alexey.boldyrev@gmail.com

Экспериментальная установка ATLAS [1] на Большом Адронном Коллайдере (LHC) предназначена для исследований pp-взаимодействий при энергиях до 14 ТэВ. Одной из задач эксперимента является изучение рождения B-мезонов. На первых экспериментальных данных предполагается зарегистрировать большое количество событий с рождением B^+ -мезонов, распадающихся по каналу $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$. Регистрация B^+ -мезонов основана на триггере [2], выделяющем мюоны от распада $J/\psi \rightarrow \mu\mu$. На основе математического моделирования эксперимента и программ физического анализа определяются эффективность восстановления B^+ -мезонов, точность измерения массы и времени жизни частицы [3]. Особый интерес для проверки предсказаний КХД представляют азимутальные распределения вторичных частиц, сопровождающих рождение B^+ -мезона. В работе представлены модельные предсказания для азимутальных распределений вторичных заряженных частиц относительно направления вылета B^+ -мезона. Проведено сравнение таких распределений для разных механизмов рождения пар b-кварков.

В результате анализа моделированных событий с рождением B^+ -мезонов показано, что наблюдается резкая анизотропия вылета частиц в азимутальной плоскости. Обнаружены частицы, принадлежащие струе b-кварка, сопровождающие рождение B^+ -мезона. Эффект регистрации сопровождающих струй может быть использован для уточнения функций фрагментации b-кварков при малых поперечных импульсах b-струй (10 – 40 ГэВ/c).

Литература

1. The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. By ATLAS Collaboration (S.Bentvelsen *et al.*) JINST 3:S08003, 2008.
2. ATLAS High-Level Trigger, Data Acquisition and Controls. CERN/LHCC/2003-022, ATLAS TDR 016, 30 June 2003.
3. Expected Performance of the ATLAS Experiment. Detector, Trigger and Physics. The ATLAS Collaboration. CERN-OPEN-2008-020, Geneva, December 2008.

Разработка установки для равномерного облучения аншлифов большого размера для гамма-активационной автордиографии¹

Гроздов Д.С.

Аспирант

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского, РАН,

Москва, Россия

E-mail: umkadimon@rambler.ru

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 07-03-00966

Известно, что активирующее поле тормозного излучения ускорителя весьма неоднородно и отличается резким спадом интенсивности как в продольном (по оси пучка), так и в поперечном направлении. Относительно равномерная активация доступна для образцов диаметром до 1 см. В случае автордиографического анализа распределения микроэлементов в аншлифах большого размера (до 5 см в диаметре) имеет место недопустимо большая неравномерность дозового поля, что не позволяет использовать этот метод для скринингового анализа геологических образцов (например, для экспрессного выявления микровключений благородных элементов). Решением проблемы является разработка устройства, которое обеспечивало бы перемещение образца в плоскости, перпендикулярной оси пучка. При этом устройство, работающее в высокоинтенсивном поле активирующего излучения, должно быть достаточно простым с тем, чтобы обеспечить надежность его функционирования. Разработана кинематическая модель установки для равномерного облучения образцов большого размера. Устройство состоит из платформы, приводимой в возвратно-поступательное движение двигателем переменного тока через кривошипно-шатунный механизм; на платформе расположены держатель образца и второй двигатель, вращающий образец.

Сборке и испытанию пилотной установки для равномерного облучения геологических образцов большого размера предшествовало компьютерное моделирование процесса набора дозы активирующего излучения. Это необходимо для оценки равномерности дозы при различных параметрах движения установки. Была разработана программа DoseModelling на языке C#. Показано, что предложенная схема движения образца обеспечивает значительное выравнивание дозы, включая периферийные области образца, в которых в случае неподвижного образца набираемая доза практически нулевая. При варьировании различных входных параметров модели показано, что для минимизации относительного стандартного отклонения распределения интегральной дозы, необходимо выполнение следующих условий: отношение частоты вращения образца к частоте возвратно-поступательного движения должно быть не меньше 5,5; время облучения должно составлять не менее 300 секунд.

Результаты компьютерного моделирования находятся в хорошем соответствии с данными экспериментов.

Исследование надпороговых состояний ядра ^{12}C на основе неупругого дифракционного рассеяния

Данилов А.Н.

Студент

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

E-mail: danilov1987@mail.ru

Размеры ядер представляют одну из важнейших характеристик, определяющую их основные свойства и являющуюся следствием фундаментальных особенностей сильных взаимодействий. В настоящее время разработан ряд надежных методов измерения радиусов ядер в основных состояниях, из которых наиболее точным и распространенным является упругое рассеяние электронов на стабильных или долгоживущих мишенях. Для измерения размеров ядер в возбужденных состояниях с временами жизни более 10^{-8} – 10^{-9} сек, которые могут быть получены в виде атомарных пучков, также имеются достаточно развитые методы, например, лазерная спектроскопия. Однако до настоящего времени практически не было предложено способов измерения радиусов ядерных состояний,

расположенных выше порогов вылета нуклонов и кластеров и имеющих времена жизни менее 10^{-10} - 10^{-12} сек. К числу таких надпороговых состояний относятся, например, гигантские резонансы, большинство уровней экзотических ядер вблизи границ стабильности, многие квазимолекулярные и кластерные состояния. Свойства этих состояний, в том числе и их размеры, часто являются определяющими для обнаружения новых явлений и развития теории.

Нами был предложен новый метод определения размеров надпороговых состояний, основанный на применении неупругого дифракционного рассеяния. Предварительные результаты его использования на примере $^{12}\text{C} + \alpha$ описаны в [1]. Метод принес неожиданный успех и продемонстрировал потенциальные возможности его широкого применения.

На примере ядра ^{12}C рассмотрено применение дифракционной модели рассеяния для определения радиусов возбужденных состояний ядер, лежащих выше порогов развала. Использовались имеющиеся данные по неупругому рассеянию ^3He , ^4He , ^6Li , ^{12}C в широком диапазоне энергий. Было показано, что дифракционные радиусы основного и первого возбужденного (4.44 МэВ) состояний ^{12}C практически совпадают, а состояний 7.65 и 9.64 МэВ, лежащих выше порога развала ядра ^{12}C на альфа-частицы, превышают их примерно на 0.5 фм. Эта разность не зависит от энергии и сорта налетающих частиц, что делает обоснованным использование дифракционной модели для определения среднеквадратичных радиусов этих уровней. Сделаны оценки радиусов уровней ядра ^{12}C с более высокими энергиями возбуждения 9.9, 10.3 и 10.84 МэВ. Оказалось, что эти состояния также имеют увеличенные размеры.

Литература

1. A.S.Demyanova et al., Kurchatov Institute preprint IAE-6470/2, Moscow (2007).
2. A.S.Demyanova et al., Nucl. Phys. A 805 (2008) 489.
3. A.S.Demyanova, A.A.Ogloblin, S. Goncharov and T. Belyaeva, Journal of Modern Physics E vol. 17, No 10, 2118 (2008).

Изучение бинарных и тройных кластерных распадов ядерных систем средней группы масс²

Жеребчевский В.И.³

*Ассистент физического факультета, кандидат физико-математических наук
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

E-mail: vozhereb@mail.ru

Изучение механизмов образования и распада ядер, образованных в реакциях с тяжелыми ионами является одной из важнейших областей современной ядерной физики. Это обусловлено не только научными интересами фундаментального характера, но и значительной ролью, которую такие реакции играют в прикладных ядерно-физических задачах.

В данной работе были изучены процессы формирования и распада составных систем средней группы масс, получающихся в следующих реакциях: $^{36}\text{Ar} + ^{24}\text{Mg}$ и $^{32}\text{S} + ^{24}\text{Mg}$. В первом случае исследовался процесс образования и распада составного ядра ^{60}Zn , а во

² Тезисы доклады основаны на материалах исследований, проведенных в рамках гранта DAAD (грант № A/05/00021, Bonn, Germany) и гранта правительства Санкт-Петербурга для молодых ученых (грант № 296/08).

³ Автор выражает признательность профессору фон Оертцену В. и профессору, д.ф.-м.н Гридневу К.А. за помощь в подготовке тезисов. Также автор благодарит своих коллег Гебауэра Б., Тюммерера С., Шульца К., Каманина Д.В., Ефимова Г.Л. за помощь в работе.

втором ^{56}Ni . Анализировались данные, полученные с установки Спектрометр Бинарных Реакций (БРС) [1] которая использовалась в экспериментах на ускорителе Института Гана и Майтнер (Берлин) и на ускорителе в Страсбурге. В реакции ^{36}Ar (энергия пучка $E_{\text{лаб}} = 195$ МэВ) + ^{24}Mg (толщина мишени = 100 мкг/см²) с образованием составной системы ^{60}Zn , были установлены механизмы протекания данной реакции [2-4]. Причем наряду с обычным бинарным делением, в представленной реакции реализуется механизм тройного коллинеарного кластерного распада из гипердеформированных состояний ядра ^{60}Zn . Данный вид распада описывается двухступенчатым механизмом, где соответствующие кинематические расчеты дают хорошее согласие с экспериментом. Применяя специально разработанную процедуру энергетической калибровки данных с Ионизационной Камеры Брэгга (модули входящие в установку БРС) при анализе этой реакции, были получены энергии фрагментов и обнаружена значительная концентрация экспериментальных событий для тройного деления в области «высоких» энергий. Этот результат также хорошо объясняется с использованием двухступенчатой схемы распада. Детальный анализ данных (выработан специальный алгоритм определения примесей в мишени) способствовал исключению влияния примесей в мишени на объяснение механизмов реакции $^{36}\text{Ar} + ^{24}\text{Mg}$. И далее, рассмотрение угловых распределений продуктов реакции позволило сделать выводы о способе образования делящейся системы, и свидетельствовало в пользу механизма формирования составного ядра с его последующим распадом. В реакции ^{32}S (энергия пучка $E_{\text{лаб}} = 163$ МэВ) + ^{24}Mg (толщина мишени = 240 мкг/см²) с образованием ^{56}Ni [5] было обнаружено несколько механизмов распада данного ядра. Помимо бинарного и тройного α -кластерного распада обнаружен двойной распад ядра ^{48}Cr , сформированного в реакции $^{32}\text{S} + ^{16}\text{O}$, где кислород являлся примесью, содержащейся в магниевой мишени.

Для обеих реакций: $^{36}\text{Ar} + ^{24}\text{Mg}$ и $^{32}\text{S} + ^{24}\text{Mg}$ обнаружен так называемый «четно-нечетный» эффект. Он заключался в превышении сечений выходных каналов распада, образованных фрагментами с четными зарядами (Z) над выходными каналами, образованными фрагментами с нечетными Z . В рамках статистической модели распада составных ядерных систем, для исследуемых ядер этот эффект был успешно объяснен.

Для изучаемых составных систем с помощью обобщенной модели жидкой капли, были рассчитаны барьеры деления различных выходных каналов (с соответствующими угловыми моментами), как для чисто бинарного, так и для тройного распада. Расчеты показали, что при больших угловых моментах барьеры деления составной системы в бинарный и тройной α -кластерный каналы становятся сравнимыми, и вероятность последнего процесса резко увеличивается. В дополнение к этим моделям для более сложных процессов тройного кластерного распада применялась α -кластерная модель. Она довольно хорошо описала основные делительные конфигурации и предсказала появление вытянутых гипердеформированных состояний в распадающейся системе при больших угловых моментах.

Таким образом, продвижение вперед в исследовании процессов деления ядер средней группы масс, изучение механизма реакций распада связанных с проявлением кластерной структуры, а также поиск новых состояний атомных ядер позволил глубже понять природу образования и последующего распада сложных компаунд систем, получающихся в ядерных реакциях. Все это придало значительный импульс для исследования особенностей динамики делительных процессов таких систем, где изучение их свойств представляет большой интерес для фундаментальной ядерной физики.

Литература

1. Thummerer S., Gebauer B., von Oertzen W., Wilpert M. (1998) In-beam gamma-ray spectroscopy with binary reactions using the HMI binary reaction trigger spectrometer // II

Nuovo Cimento 111, 1077.

- Zherebchevsky V., von Oertzen W., Kamanin D., Gebauer B., Thummerer S., Schulz Ch., Royer G. (2007) Binary fission and coplanar cluster decay of ^{60}Zn compound nuclei at high angular momentum // Physics Letters B, 646, iss.1, , pp. 12-18.
- Жеребчевский В.И., фон Оертцен В., Гриднев К.А., Каманин Д.В. (2007) Тройной кластерный распад ядер ^{60}Zn // Вестник СПбГУ, серия 4, вып.1, стр. 113-117.
- von Oertzen W., Zherebchevsky V., Gebauer B., et al (2008) Fission decay of $N = Z$ nuclei at high angular momentum: ^{60}Zn // Physical Review C 78, 044615.
- von Oertzen W., Gebauer B., Efimov G., Zherebchevsky V., et al (2008) Fission and ternary cluster decay of hyper-deformed ^{56}Ni // Eur. Phys. J. A 36, pp. 279–288.

Измерение распределения активности по поверхности протяженного образца

Каденко Артем Александрович

Студент магистерского курса

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

Физический факультет, Киев, Украина

E-mail: Tomasenko@bigmir.net

Современные тенденции в развитии фундаментальной ядерной физики, физики высоких энергий, а также прикладных приложений значительным образом определяются как уровнем научных идей, так и возможностью их реализации. Проведение экспериментальных измерений в современной ядерной физике трудно представить без использования средств автоматизации эксперимента. Их использование позволяет минимизировать дозовые нагрузки на экспериментатора, уменьшить погрешность получаемых данных, повысить их достоверность и т.д.

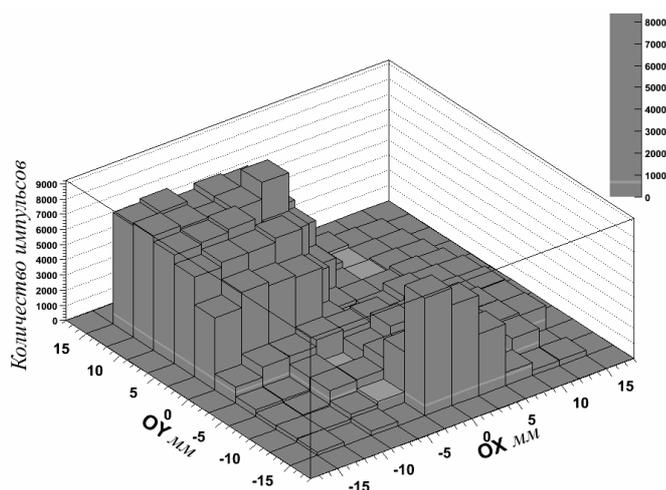


Рис. 1. Распределение интенсивности излучения образцовых спектрометрических гамма источников ^{241}Am и ^{137}Cs

Метод активационного анализа базируется, как правило, на использовании образцов конечных размеров и определенной геометрии. Большой интерес вызывает проблема

однородности распределения активности по объему материала облученного образца. При этом, как правило, считается, что поток (к примеру, нейтронов) в области расположения является равномерным. Однако такое утверждение выполняется далеко не всегда. При проведении измерений наведенной активности облученных образцов часто предполагается, что наведенная активность имеет равномерное распределение по объему образца. Для оценки дополнительных систематических погрешностей (а в некоторых случаях и для их минимизации), необходимо установить реальное распределение наведенной активности по объему образца. Одним из путей получения такой информации есть проведение экспериментальных измерений для оценки неравномерности в распределении активности по образцу.

Для этих целей была разработана и собрана система сканер-спектрометр, которая позволяет изменять положение образца относительно детектора и в автоматизированном режиме проводить набор спектра для каждого из положений образца. Система является, по сути, комплексом для двухкоординатного сканирования поверхности, применимым к эксперименту с использованием источника (образца), с неравномерным распределением активности по объему вследствие неравномерного облучения нейтронным потоком. Результаты экспериментов по измерению распределения активности по поверхности образцовых спектрометрических гамма источников с диаметром 25 мм, полученных с помощью спектрометра на основе CdTeZn детектора, приведены на Рис.1. Расстояние между последовательными позициями, в которых производился набор спектра, составило 3 мм.

К идентификации неньютоновского поведения высокотемпературных расплавов¹

Кочурин Т.С.

Студент

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

physics@susu.ru

Развитая в [1] теория крутильно-колебательной вискозиметрии неньютоновских сред, в частности, измерения предела текучести и пр., использована при описании поведения металлических расплавов в гетерогенных зонах вблизи солидуса и ликвидуса и в области аномалий на политермах вязкости. Проявляющаяся в экспериментах выраженная неизосинхронность колебаний свидетельствовала о присутствии нелинейностей в вязкостном характере течения. Для ряда образцов зависимость параметров колебаний: периода и декремента, определенных по полупериоду, и вне переходных процессов носила колебательный характер, что говорит о присутствии также упругой составляющей в реологическом нелинейном уравнении состояния. Найдены количественные оценки неньютоновских свойств жидкометаллических систем, в т.ч. пластической вязкости.

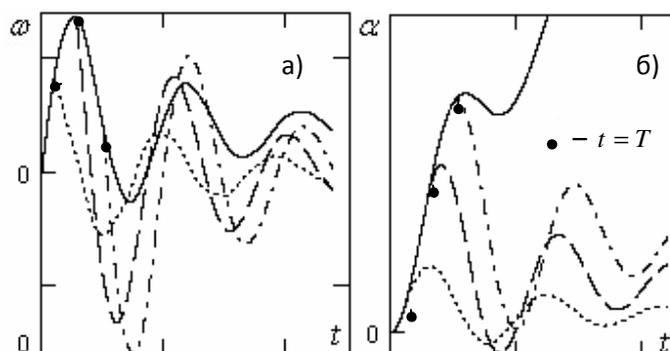


Рис. 1. Зависимость угловой скорости вращения (а) и отклонения (б) зонда от времени t для различных моментов $t = T$ отключения внешней нагрузки

Изучены вопросы параметрической идентификации в прямой и обратной задачах нелинейной нестационарной крутильной вискозиметрии для режимов затухающих и вынужденных колебаний, для реологических моделей с различными комбинациями вязкой, упругой и пластичной компонент. Модель эксперимента, помимо этого, включала сопряженные в общем случае нелинейные дифференциальные уравнения движения вискозиметра и жидкости в нем. Обсуждена эффективность приложения вариантов численных, а также точных решений, описывающих линейные колебания, для нелинейных проблем. Расчеты проведены на основе оптимальных алгоритмов для таких многопараметрических постановок, в частности, предложенных в [3].

Построен общий подход к нелинейному вискозиметрическому описанию в подобных системах с вертикальной цилиндрической геометрий. Подробно проанализированы различия в поведении вязкоупругих образцов с преобладанием свойств жидкости или твердого тела в инерционном вискозиметре, предназначенном для изучения свойств оксидных расплавов, при движении зонда по инерции или в процессе развития течения при действии момента (например, рис.1). Выполнены рекомендации по выбору метода колебаний для наблюдения и идентификации требуемых неньютоновских свойств высокотемпературных расплавов.

Литература

1. Елюхина И.В. Наблюдение и измерение неньютоновских свойств высокотемпературных жидкостей крутильно-колебательным методом. Теплофизика высоких температур. 2006. Т. 44, № 3. С. 411–417.
2. Швидковский Е.Г. Некоторые вопросы вязкости расплавленных металлов. М.: ГИТТЛ, 1955. 206 с.
3. Елюхина И.В., Кочурин Т.С. Параллельные алгоритмы при выборе оптимальных условий в вискозиметрии металлических расплавов. Вестник ЮУрГУ. Серия «Математика, физика, химия». 2008. Вып. 10, №7(107). С. 39-40.

¹ Работа выполнена в рамках проекта РФФИ–Урал, № 07-02-96016.

младший научный сотрудник

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: makarenkoirina@gmail.com

Предложен новый метод многоканального гамма-активационного анализа атомных ядер. Метод основан на использовании тормозного излучения с максимальной энергией фотонов 50-70 МэВ и анализе многочастичных фотоядерных реакций. Использование высокоэнергичных пучков фотонов позволяет одновременно наблюдать и исследовать многочастичные фотоядерные реакции с испусканием до 10 нуклонов. Это повышает надежность результатов гамма-активационного анализа и позволяет использовать данный метод в случаях, когда реакции (γ, n) или (n, γ) на исследуемом ядре приводят к образованию стабильных изотопов, что делает неприменимыми методы гамма- и нейтроноактивационного анализа.

В Научно-исследовательском институте ядерной физики (НИИЯФ) имени Д.В.Скобельцына МГУ имени М.В.Ломоносова создан экспериментальный комплекс по изучению многочастичных фотоядерных реакций. Комплекс включает в себя компактный импульсный разрезной микротрон RTM-70 [1] на энергию электронов до 70 МэВ, детектор из сверхчистого германия Canberra GC3019, автоматизированную систему сбора данных [2], Центр данных Фотоядерных Экспериментов (ЦДФЭ) НИИЯФ МГУ [3].

Создана и успешно протестирована экспериментальная методика исследования многочастичных фотоядерных реакций для γ -активационного анализа ядер. Впервые наблюдались многочастичные фотоядерные реакции с вылетом из ядра до 7 нуклонов на изотопах ^{197}Au , $^{203,205}\text{Tl}$, ^{209}Bi . Создана база данных экспериментальных γ -спектров [2]. Получены выходы и интегральные сечения наблюдаемых фотоядерных реакций. Метод также позволяет использовать возбуждение изомерных состояний атомных ядер в фотоядерных реакциях для γ -активационного анализа.

Предложен метод определения выходов многочастичных фотоядерных реакций по характеристическому рентгеновскому излучению. В случаях когда β -распады конечных ядер фотоядерных реакций не сопровождаются γ -переходами в дочерних ядрах, анализ γ -линий спектров остаточной активности не позволяет исследовать такие реакции. В то же время, если β -распад сопровождается переходами электронов в электронной оболочке атома дочернего ядра, такой β -распад может быть зарегистрирован по характеристическим рентгеновским линиям в спектре остаточной активности облученного образца. При таком методе расчета выходов фотоядерных реакций необходимо учитывать, что различные изотопы одного химического элемента могут иметь рентгеновские линии одинаковых энергий. В этом случае, чтобы рассчитать выход фотоядерной реакции по характеристическим рентгеновским линиям в спектрах, необходимо выделить вклад конечного ядра этой реакции в образование рентгеновских линий. Выделить вклад отдельного изотопа можно, анализируя временные зависимости интенсивности таких линий.

Результаты работы могут иметь следующее практическое применение:

- в активационном анализе для определения изотопного состава веществ,
- для разрушения долгоживущих изотопов радиоактивных отходов, образующихся при работе ядерных реакторов,
- для создания радиофармпрепаратов в медицине.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ гос. контракт 02.513.12.0046, гранта РФФИ 08-02-00620-а.

Литература

1. V.I. Shvedunov, et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment., **2005**, 550, 39-53.
2. С.С. Бельшев, А.А. Кузнецов, И.В. Макаренко. Автоматизированная система накопления и анализа данных гамма-активационного анализа. Препринт НИИЯФ МГУ - 2006 - 19/818.
3. <http://www.cdfе.sinp.msu.ru>.

Нейтронная программа космического эксперимента «Скафандр».

Калибровка детекторов.

Пастушенков Д.Д.⁴, Дроздов А.Ю.

Студент, аспирант

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия*

E-mail: unikorn@newmail.ru

Первое экспериментальное подтверждение генерации нейтронного излучения вследствие грозовой активности было получено в 1985 году [1]. Позже, по результатам анализа экспериментальных данных по потокам нейтронов, полученных на борту орбитального комплекса «МИР» и ИСЗ «Колибри» на высоте ~400 км, получено, что распределение приэкваториальных потоков нейтронов имеет четко выраженную долготную зависимость. Повышенный фоновый счет нейтронов и всплески нейтронного излучения коррелирует с распределением грозовой активности в некоторых областях [2].

Особенностью космического эксперимента «Скафандр» (запуск в конце 2009 г.) является размещение комплекса научной аппаратуры «Разрез» в скафандре «Орлан-М», который отделяется от Международной космической станции (высота ~350-370 км), становясь самостоятельным космическим объектом. Скафандр будет постоянно снижаться, пока не сгорит в плотных слоях атмосферы. Проект направлен на решение нескольких физических задач, одной из которых является получение долготного распределения и высотного разреза распределения потоков тепловых нейтронов и нейтронов малых энергий и исследование атмосферно-ионосферных связей, связанных, в том числе, с грозовыми явлениями.

При подготовке эксперимента большую роль играет калибровка детекторов. Были получены счетные характеристики 6 газоразрядных нейтронных счетчиков (Рис.1). По итогам калибровки отобраны 3 счетчика с наиболее схожими характеристиками (скорость счета, диапазон напряжения работы в линейном режиме), которые будут использоваться в эксперименте, и определено рабочее напряжение в 1900 В.



Рис.1 Счетная характеристика газоразрядных детекторов

Литература

1. Shah G.N., Razdan H., Bhat C.L., Ali Q.M., Neutron generation in lightning bolts, Nature. 1985. V. 313. P. 773 – 775.

⁴ Автор выражает признательность главному специалисту Нечаеву О.Ю. за помощь в проведении представленной работы.

2. L.S. Bratolyubova-Tsulukidze, E.A. Grachev, O.R. Grigoryan, V.E. Kunitsyn, B.M. Kuzhevskij, D.S. Lysakov, O.Yu. Nechaev, M.E. Usanova. Thunderstorm as the probable reason of high background neutron fluxes at $L < 1.2$, Adv. Space Res. 34 (2004) 1815-1818.

Изучение энергетической зависимости характеристик событий с рождением B^+ -мезонов в протонных соударениях в рамках эксперимента ATLAS на LHC

Погребняк Алексей Анатольевич

Студент

Московский Государственный Университет им М.В. Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

E-mail: lexxpo@gmail.com

Установка ATLAS является одним из четырех детекторов коллайдера LHC и нацелена на изучение pp-соударений при энергиях до 14 ТэВ. Одной из задач детектора ATLAS на всех этапах работы будет изучение распадов B^+ -мезонов. На начальном этапе изучение эксклюзивной реакции $B^+ \rightarrow J/\Psi K^+$ с большим сечением взаимодействия позволит набрать достаточную статистику и осуществить калибровку детектора при ожидаемой интегральной светимости в 100pb^{-1} , а также оценить эффективность работы мюонного триггера (выделяющего мюоны от распада $J/\Psi \rightarrow \mu\mu$). Кроме того реакция $B^+ \rightarrow J/\Psi K^+$ является важным фоном для многих реакций, планируемых к изучению в дальнейшем. Для проверки эффективности работы детектора и программ физического анализа при восстановлении B^+ -мезонов используется математическая модель детектора. Генерируя события и анализируя отклик модели детектора, определяется точность измерений характеристик B^+ -мезонов, таких, как масса и время жизни.

Данная работа посвящена важной части этих исследований – эффективности алгоритмов восстановления B^+ -мезонов и исследованию зависимости эффективности от энергии pp-соударения (рассматриваются энергии в 10 и 14ТэВ). Так же в ней проводится изучение частиц, сопровождающих рождение B^+ -мезона (underline events) и анизотропии распределения поперечных импульсов этих частиц. Это необходимо для дальнейшего восстановления по полученным данным, реакции рождения b-кварков (одним из таких механизмов является распад бозона Хиггса).

В результате данной работы получены данные по эффективности работы алгоритмов восстановления. Проведен анализ распределений сопровождающих событий для столкновений с рождением B^+ -мезона. Выявлена зависимость таких распределений от различных механизмов рождения пар b-кварков и от энергии столкновения. Для получения более полной энергетической зависимости проведено сравнение с данными полученными на Tevatron (FNAL). При изучении распределений обнаружены частицы струи b-кварка сопровождающего рождение B^+ -мезона. Этот эффект так же может быть использован для установления механизма рождения пары b-кварков (углы вылета и энергия струй связана с механизмом рождения) и для уточнения связи экспериментальных данных и теоретических расчетов для процессов адронизации кварков (эти процессы пока не поддаются полному моделированию).

Литература:

1. Heavy quarkonium physics with early ATLAS data. ATLAS CSC NOTE by ATLAS collaboration. (T.Alexopoulos et al.) March 4, 2008.
2. Production cross-section measurements and study of the properties of the exclusive $B^+ \rightarrow J/\Psi K^+$ channel. ATLAS NOTE by ATLAS collaboration. (C.Anastopoulos et al.) July 31, 2008.
3. ATLAS detector and physics performance. Technical Design Report. CERN/LHCC/2003-022,

ATLAS TDR 016, 30 June, 2003.

4. Beauty production cross-section measurement at LHC: B-Physics Reference Channel $B^+ \rightarrow J/\Psi K^+$ and inclusive methods. (C.Anastopoulos et al.) March 16, 2008.

**Монте-Карло генератор для моделирования распада $\bar{B}_{d,s}^0 \rightarrow l^+ l^- \gamma$
в рамках пакета EvtGen для LHCb**

Попов А.В.⁵

Студент 4 курса

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

E-mail: alexandre-popov@yandex.ru

В данной работе рассматривается Монте-Карло генератор, созданный автором для распада анти- \bar{B}_d^0 или анти- \bar{B}_s^0 -мезона в два лептона и фотон $\bar{B}_{d,s}^0 \rightarrow l^+ l^- \gamma$, совместного с кодом пакета программ EvtGen⁶, адаптированного под окружение Gauss – программного обеспечения коллаборации LHCb в ЦЕРНе. На основании современных работ⁷ по физике B -мезонов на языке C++ был написан программный код, составляющий новые классы, которые обеспечивают правильную работу по генерации распадов и позволяют выводить распределения, которые согласуются с теоретическими предсказаниями. Основной задачей являлось программирование матричного элемента распада, разложенного по базисным операторам Вильсона и параметризованного форм-факторами при помощи модифицированных методов пакета EvtGen.

Литература

1. <http://robbep.home.cern.ch/robbep/EvtGenGuideEvtGen.pdf> (Руководство пользователя для пакета программ EvtGen)
2. Melikhov, D., Nikitin, N. (2004) PHYSICAL REVIEW D 70, 114028.
3. Krueger, F., Melikhov, D. (2003) PHYSICAL REVIEW D 67, 034002.

Различия в распределениях множественности в протон-протонном и протон-антипротонном столкновениях

Радченко Н.В.

Программист кафедры теоретической и математической физики
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,

Великий Новгород, Россия

nvrad@mail.ru

Рассматривается КХД модель взаимодействия адронов, в которой в волновой функции начального состояния мала плотность глюонов в пространстве быстрот, а реальные адроны рождаются из-за развала цветных струн. В рамках модели хорошо описывается поведение полных сечений pp , $p\bar{p}$, $\pi^\pm p$, $K^\pm p$, γp и $\gamma\gamma$ взаимодействий. Из этих экспериментальных данных следует, что вплоть до энергии LHC в начальном состоянии имеется только один и два глюона, которые определяют рост полных сечений.

⁵ Автор выражает признательность к.ф.-м.н. Никитину Н.В. за помощь в подготовке тезисов.

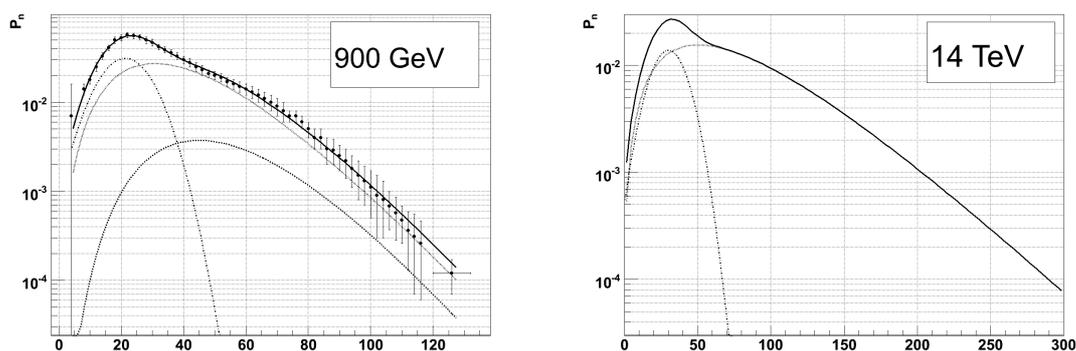
⁶ См. [1] из списка литературы.

⁷ См. [2], [3] из списка литературы.

В $p\bar{p}$ рассеянии имеются три типа неупругих процессов. Первый представляет собой образование ливня вторичных адронов при распаде глюонной струны. Второй тип является ливнем, образовавшимся из распада двух кварковых струн, третий – из распада трех кварковых струн. В последнем случае кварковые струны образуются между каждым кварком протона и антикварком антипротона. В то же время существует только два типа неупругих процессов для pp рассеяния – ливень из глюонной струны и ливень из двух кварковых струн. Это связано с тем, что струны могут образовываться между кварком одного протона и дикварком другого.

Распределение вторичных адронов в глюонной струне представляет собой нормальное распределение. Распределение вторичных адронов в двух кварковых струнах определяется сверткой двух отрицательных биномиальных распределений, в трех кварковых струнах – сверткой трех отрицательных биномиальных распределений, которые также являются отрицательными биномиальными распределениями.

Получено хорошее описание распределений множественности в pp рассеянии при энергиях в ЦМ 44,5, 52,6, 62,2 ГэВ [1] и в $p\bar{p}$ рассеянии при энергиях 200, 300, 546, 900, 1000, 1800 ГэВ [2, 3] и предсказаны величина полного протон-протонного сечения, $\sigma_{tot} = 101,30 \pm 6,65$ мб, а также распределение и средняя множественность заряженных адронов при энергии ЛНС, $\langle n_{ch} \rangle = 69,97 \pm 4,30$. Для примера здесь приведены графики при энергии 900 ГэВ и предсказание при энергии 14 ТэВ.



Литература

1. Breakstone A. et al. Charged multiplicity distribution in pp interactions at CERN ISR energies// Phys.Rev. D. 1984. V. 30. P. 528-535.
2. Ansorge R.E. et al. Charged particle multiplicity distributions at 200 and 900 GeV c.m. energy// Z. Phys. C. 1989. V. 43. P. 357-374.
3. Alexopoulos T. et al. The role of double parton collisions in soft hadron interactions// Phys. Lett. B. 1998. V. 435. P. 453-457.

Компьютерное обоснование повышения долговременной прочности атомных реакторов

Родивилов Сергей Николаевич
аспирант

Московский Государственный Университет Инженерной Экологии, Москва, Россия
e-mail: maquisoxsi@mail.ru

Одно из наиболее практически важных задач является обеспечение радиационной безопасности атомных реакторов и контейнеров для захоронения радиоактивных отходов (РАО).

В работе исследован эффект температурного автоскрепления при следующих условиях нагружения: внутреннее давление до 12 МПа, градиент температуры по толщине цилиндрической оболочки до 100 °С и более. Применяемые материалы – полимербетон, стеклопластик, металл (двух- и трехслойные конструкции с применением работы [1]). Применение многослойных оболочек позволяет получить ряд преимуществ. Выполнена двухпараметрическая оптимизация функции контактного давления (см. рис. 1), возникающего на границе взаимодействующих слоев и обусловленного преобразованием в оболочке энергии γ -облучения (1,0 – 1,2 МэВ) в электрическую энергию и тепло с мощностью объемного тепловыделения до $\sim 1000 \text{ Вт/м}^3$. При увеличении «жесткости» на растяжение наружного («сдерживающего») расширяющийся при нагреве внутренний слой полимербетона) слоя на внутренней поверхности внутреннего слоя можно добиться не только уменьшения опасных растягивающих напряжений, но и создать условия, когда эти напряжения будут сжимающими, предупреждая развитие трещин и увеличивая долговременную прочность контейнера РАО. Таким образом, что увеличение градиента температуры по толщине способствует «автоматическому» («самопроизвольному») росту положительного влияния эффекта температурного автоскрепления [2].

С целью увеличения внутреннего объема реактора (контейнера) на внутренней поверхности производятся вырезы. Образующие цилиндрических (либо эллиптической формы) вырезов идут параллельно оси симметрии контейнера. Исследуется влияние формы, размеров и числа вырезов на возникающие в контейнере из полимербетона напряжения при действии внутреннего давления по двум сечениям: оболочка без выреза (с возникающей зоной сжатия) и оболочка по вырезу (с наличием концентрации напряжений). Критерием прочности выбрана энергия упругих деформаций.

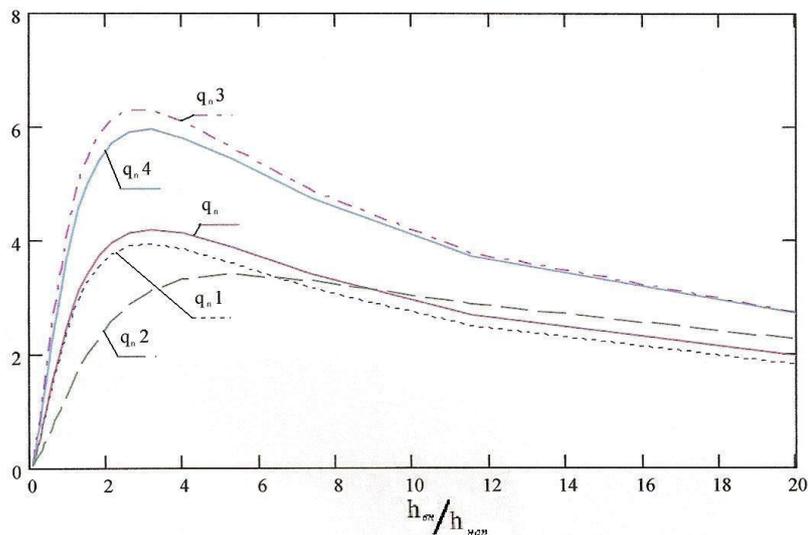


Рис. 1. Функция контактного давления на границе взаимодействующих слоев в зависимости от соотношения толщин ($h_m/h_{нар}$) и модулей упругости ($E_{нар}/E_{вн}$), МПа

1. Жилин П.А. Прикладная механика. Основы теории оболочек. СПб. : Изд-во Политехн. Ун., 2006. 167с.

2. Богомольный В.М. Оптимальное проектирование оболочек машин, трубопроводов, аппаратов. М.: МГУС, 2003. 226с.

Применение метода резерфордовского обратного рассеяния протонов для определения концентрации водорода в наводороженном гафнии

Ткаченко Н.В.¹

Студент

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

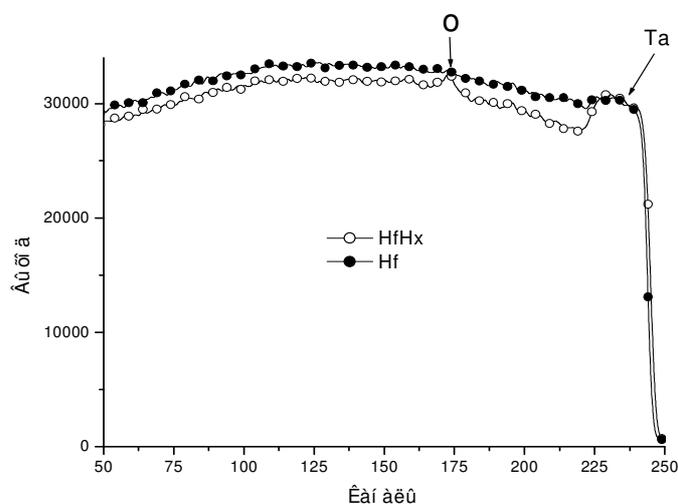
E-mail: nicki_tkak@mail.ru

Пучковые технологии чрезвычайно эффективны когда необходимо узнать элементный состав и концентрацию элементов в поверхностном слое различных материалов. Одним из методов пучковых технологий является метод резерфордовского обратного рассеяния (РОР) протонов, который основан на использовании закономерностей в рассеянии налетающих протонов ядрами мишени.

Определение содержания водорода в наводороженных металлах – актуальная задача современного материаловедения. Как правило, эта задача решается разрушающим образцом волюметрическим методом, позволяющим находить значение концентрации водорода, усредненное по объему образца. В случае же применения метода РОР не требуется разрушать образец.

Для извлечения из спектров РОР профилей концентрации водорода в материалах было использовано программное обеспечение NBS, позволяющее учитывать влияние водорода на изменение тормозной способности.

Спектры рассеянных на угол 160° протонов с энергией $E = 7,6$ МэВ для исходного (Hf) и наводороженного (HfH_x) образцов гафния представлены на рисунке. Видно, что спектры рассеяния для образцов Hf и HfH_x в целом подобны, но отличаются по амплитуде. Высокоэнергетичная часть спектров соответствует рассеянию протонов на танталовой фольге. Фольга использовалась для мониторингования пучка и нормировки измеряемых спектров. В спектре образца HfH_x в области его поверхности наблюдается пик, соответствующий рассеянию протонов на кислороде.



При анализе измеренных спектров определена концентрация водорода в различных образцах HfH_x на глубине до 100 мкм. Полученные результаты для наводороженных образцов гафния, включая образцы с оксидной пленкой на поверхности, согласуются с данными волюмометрического метода ($x=1.6-1.8$).

Метод может быть очень полезен, например, для определения водорода, введенного в углеродные нанотрубки или графитовые нановолкна, для исследования гидридов металлов.

Литература

1. А.М. Борисов, В.Г. Востриков, Е.А. Романовский, М.В. Серков. Известия РАН, серия физическая, 70, №8 (2006), с. 1210-1212

¹ Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Е.А. Романовскому (НИИЯФ) за помощь в подготовке тезиса.

Рекурсивный расчет древесных элементов S- матрицы в скалярной электродинамике.

Толоконников А.В.

Сотрудник

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

E-mail: bravelemur@mail.ru

Одной из задач, поставленной перед Большим Адронным Коллайдером (LHC, CERN), является поиск физики вне рамок Стандартной Модели. Последняя задача ставит перед учеными проблему более точного расчета фоновых процессов, необходимого при определении отклонения физики от рамок СМ. Традиционно для вычислений используется техника диаграмм Фейнмана. В этом случае любой квантово-механической амплитуде ставится в соответствие набор графов, элементами которых являются операторы свободных полей и корреляционные функции. Альтернативой использования диаграмм Фейнмана являются алгоритмы решения уравнений движения для функций Грина взаимодействующих полей или уравнения Дайсона - Швингера.

На примере скалярной электродинамики мы хотим продемонстрировать возможность создания рекурсивного метода расчета древесных элементов S- матрицы при помощи методов функционального интеграла. Неоспоримым преимуществом данного метода должна являться калибровочная инвариантность результата, достигаемая без каких-либо дополнительных действий.

Для создания такого алгоритма нам необходимо рассмотреть структуру нормального символа S- матрицы для скалярной электродинамики

$$S_0^s = \exp\{i \int dx [\varphi^*(x)\eta(x) + \eta^*(x)\varphi(x)] + i \int dx dy \eta^*(x) D_s(x-y)\eta(y)\}$$

$$S_0^v = \exp\{i \int dx A^\mu(x) j_\mu(x) + \frac{i}{2} \int dx dy j_\mu(x) D^{\mu\nu}(x-y) j_\nu(y)\}$$

$$S \square \exp \left\{ \int dx \left((ie) \left[\partial_\mu \frac{\delta}{\delta \eta^*(x)} \right] \frac{\delta}{\delta \eta(x)} \frac{\delta}{\delta j_\mu(x)} - \frac{\delta}{\delta \eta^*(x)} \left(\partial^\mu \frac{\delta}{\delta \eta(x)} \right) \frac{\delta}{\delta j^\mu(x)} \right) + \right. \\ \left. + (ie)^2 \frac{\delta}{\delta \eta^*(x)} \frac{\delta}{\delta \eta(x)} \frac{\delta}{\delta j_\mu(x)} \frac{\delta}{\delta j^\mu(x)} \right\} \times S_0^s S_0^v$$

после чего выделить подструктуры поддающиеся рекурсии. Для случая скалярной электродинамики этими подструктурами будут являться древесные части результата взятия производных по скалярным и векторным источникам без отвлечения на индексированные производные ∂_μ . Для получения конечного результата мы рекурсивно получим результат взятия производных по скалярным источникам для n -ого порядка разложения экспоненты взаимодействия $S(n)$, восстановим при помощи оператора Ξ индексированные производные, получим соответствующий результат взятия производных по векторным источникам $V(n; \Xi)$ и перемножим получившиеся древесные выражения для скалярных и векторных полей в соответствии с некими правилами отбора, вырезающими именно древесные элементы S - матрицы:

$$\{\Xi S(n+1)\} \otimes \{V(n+1; \Xi)\} = \{\Xi N^{(n+1)}(S(n))\} \otimes \{M^{(n+1)}(V(n; \Xi))\}$$

Здесь через \otimes обозначено перемножение с правилами, которые несложно сформулировать: 1) результатом умножения должен быть член с $n-1$ пропагатором для n -ого порядка разложения экспоненты взаимодействия; 2) в результате умножения не должно быть частей произведения пропагаторов, у которых все индексы имеют пару.

Полученный результат является калибровочно-инвариантным без каких-либо дополнительных действий. Кроме этого следует отметить, что такая структура алгоритма позволяет расширить его на одно - петлевой уровень.