

Основные результаты работы по Проекту в 2013 году

1. Актуальность проблемы, основные цели Проекта

Ускорительный комплекс ФИАН «Пахра» – действующая уникальная установка, предоставляющая возможность проведения экспериментов в области ядерной физики и ядерных технологий с использованием внутреннего и выведенного электронных и тормозного фотонного пучков с энергиями от 7 до 850 МэВ, а также пучка синхротронного излучения в области вакуумного ультрафиолета и мягкого рентгена. Основной целью Проекта является поддержка целой группы работ, выполняемых с использованием пучков и инфраструктуры установки. В настоящее время в число таких работ входят:

- исследования экзотических короткоживущих ядерных состояний – эта-мезонных ядер,
- исследования низкоэнергетических ядерных реакций, связанные с более широкой проблемой возможности стимуляции холодного ядерного синтеза в твердых веществах,
- исследования по проблеме создания узконаправленных гамма-пучков,
- исследования особенностей переходного излучения и их использование для диагностики пучков,
- исследования атомной и электронной структуры материалов с использованием рентгеновского поляризованного тормозного излучения релятивистских электронов (ПТИ),
- исследования особенностей развития электромагнитных ливней в кристаллических материалах.

Кроме того, оказывается поддержка теоретическим исследованиям по физике и технике ускорителей (в частности, по проблеме охлаждения пучков), по теоретической физике фотоядерных процессов.

С января 2014 года приступит к работе создаваемая на базе ускорительного комплекса новая совместная ФИАН-БелГУ лаборатория радиационных процессов в конденсированных веществах (рук. член-корр. РАН Сибельдин Н.Н.), которая объединит и усилит работы на ускорительном комплексе «Пахра» в области использования ПТИ и СИ.

2. Важнейшие результаты, полученные в 2013 г.

1. На выведенном электронном пучке микротрона-инжектора проведены экспериментальные исследования генерации переходного излучения при пересечении пучком неплоских поверхностей (двух- и трехгранных углов, конических поверхностей). Подтверждены предсказания теоретических расчетов. Когерентные эффекты излучения, возникающего на разных элементах поверхности, создают богатую угловую структуру излучения, что позволяет использовать его для диагностики пространственного положения пучков, для контроля за формой электронных банчей.

Предсказан и экспериментально исследован новый эффект, сопровождающий обычное распушение пучка релятивистских электронов при прохождении через фольгу – поворот пучка, пересекающего наклонную фольгу.

2. Предложен новый метод быстрого охлаждения пучков ионов, имеющих долгоживущее возбужденное состояние, широкополосным лазерным пучком. По сравнению с другими предложениями (такими как оптическое стохастическое охлаждение при высоких энергиях) в новом методе скорость охлаждения увеличивается на несколько порядков, что делает разработанное предложение весьма привлекательным для реализации на крупных накопителях ионов – LHC, RHIC и т.п.

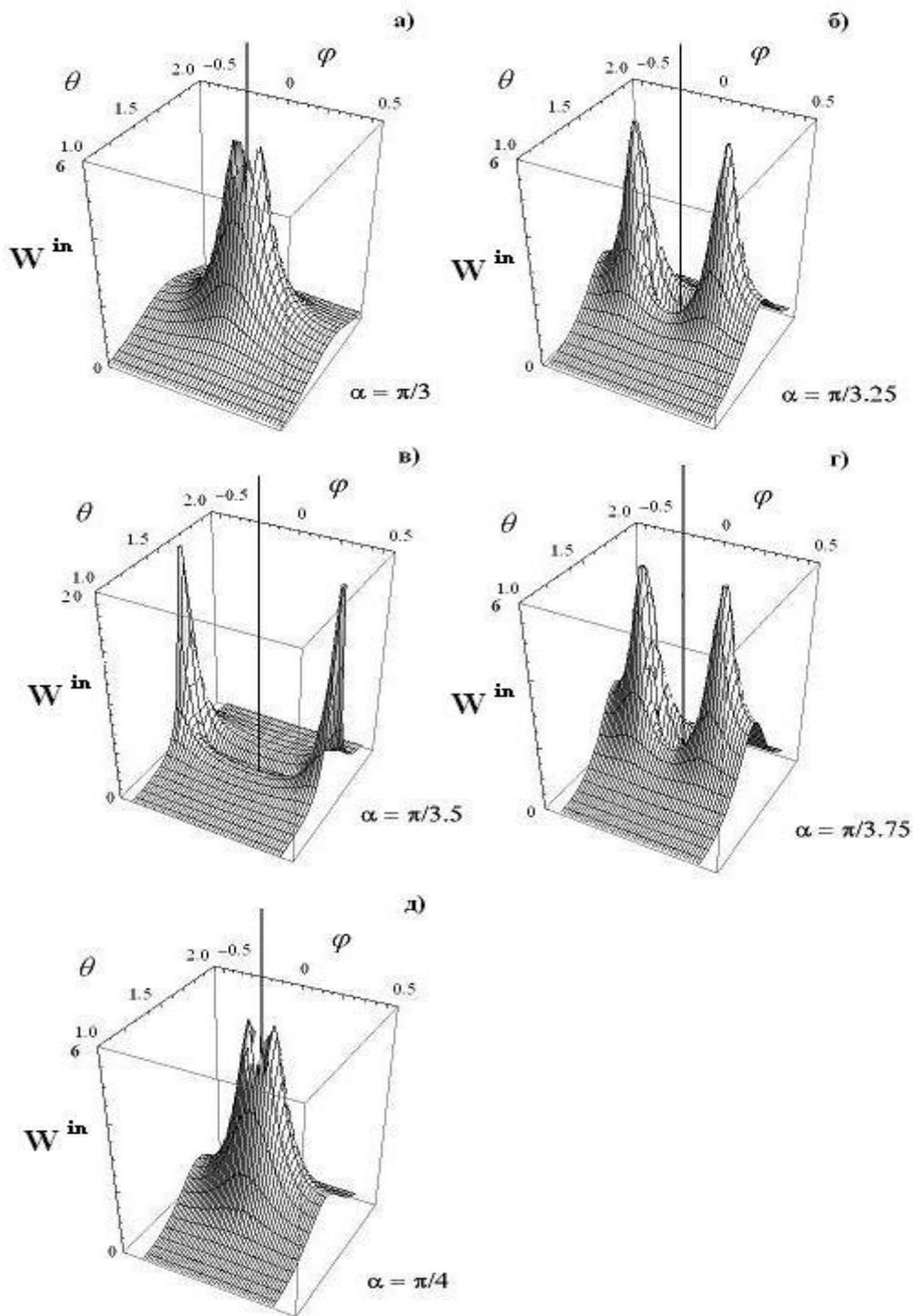


Рис. 3. Угловые распределения интенсивности излучения $W^{\text{in}}(\varphi, \theta)$ заряда, влетающего в двугранный угол вдоль биссектрисы при различных углах раствора α : а) $\alpha = \pi/3$, б) $\alpha = \pi/3, 25$, в) $\alpha = \pi/3, 5$, г) $\alpha = \pi/3, 75$, д) $\alpha = \pi/4$

(рисунок из статьи А.В. Серов, 2014, в печати).

3. Результаты работы по Проекту в 2013 году

По Проекту в 2013 году были выполнены следующие работы:

1. В рамках подготовки нового совместного эксперимента ФИАН-ОИЯИ по исследованию образования эта-мезонных ядер на внутреннем пучке Нуклотрона ОИЯИ с улучшенным на порядок энергетическим разрешением изготовлен и оттестирован на космических лучах и на гамма-пучке ускорительного комплекса «Пахра» прототип секционированного сцинтилляционного нейтронного детектора для прецизионных время-пролетных измерений. Проверены условия светосбора, измерено реально достигаемое временное разрешение, определены способы его дальнейшего улучшения. Выполнены проектно-конструкторские работы, связанные с монтажом нового магнитного спектрометра вблизи мишенной станции внутреннего пучка Нуклотрона.

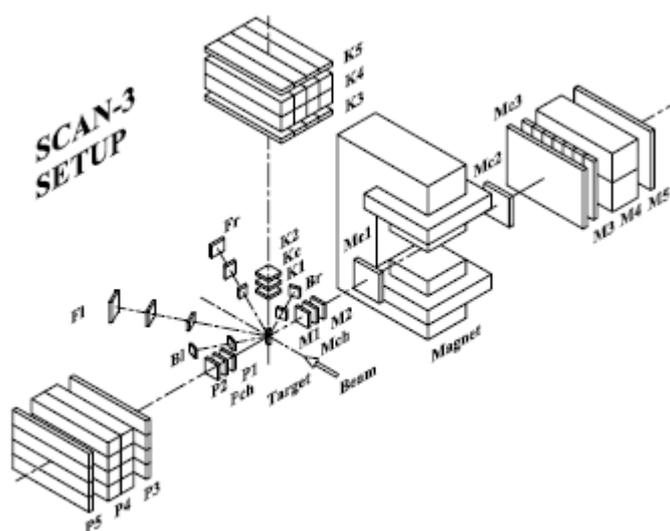


Схема сооружаемой установки на внутреннем пучке Нуклотрона ОИЯИ
(из статьи S.V. Afanasiev et al. 2013).

2. На электронном тракте микротрона-инжектора ускорительного комплекса «Пахра» создана и запущена время-пролетная установка для изучения выходов нейтронов (*np*-пар) из твердотельных дейтерированных мишеней под действием электронного пучка. Проведены предварительные измерения для тонких дейтерированных титановых и палладиевых мишеней. Работа также поддерживалась грантом Минобрнауки. Она связана с общей задачей исследования ядерных реакций синтеза с вылетом нейтронов при низких энергиях, обнаруженных недавно в том числе в газовых разрядах в лабораторных условиях (см. работу группы ФИАН в Phys. Rev. Lett. 111 (2013) 115003), и исследованием ослабления кулоновского барьера в некоторых кристаллических решетках.

3. В рамках прикладной задачи, связанной с созданием узконаправленных гамма-пучков высоких энергий, на ускорительном комплексе «Пахра» смонтирован по новой схеме магнитооптический канал для вывода электронного пучка из синхротрона в экспериментальный зал. Выполнены измерения эффектов распухания электронного пучка с энергией от 100 до 350 МэВ при прохождении через специальную систему мишеней и магнитных фокусирующих элементов. Работа выполнялась по заказу МИФИ и поддерживалась соответствующим госконтрактом.

4. На экспериментальной установке «Рентген-1» на ускорительном комплексе «Пахра», предназначенной для изучения рентгеновского поляризованного тормозного излучения релятивистских электронов (ПТИ), были выполнены монтажные работы по ее оснащению новыми рентгеновскими детекторами с более высоким энергетическим разрешением и быстродействием. Это позволит в ближайшем будущем существенно продвинуться в разработке нового метода диагностики атомной и электронной структуры вещества с помощью ПТИ и в его практическом использовании.

5. На выведенном электронном пучке микротрона-инжектора проведены экспериментальные исследования генерации переходного излучения при пересечении пучком неплоских поверхностей (двух- и трехгранных углов, конических поверхностей). Предсказанные и экспериментально обнаруженные особенности позволяют использовать такое излучение для диагностики пространственного положения пучков, для контроля за формой электронных банчей. Предсказан и экспериментально исследован новый эффект, сопровождающий обычное распушение пучка релятивистских электронов при прохождении через фольгу - поворот пучка, пересекающего наклонную фольгу.

6. Продолжен сравнительный анализ ранее набранных данных на установке в Протвино о развитии электромагнитных ливней в ориентированных и разориентированных кристаллах, определена энергетическая зависимость положения максимума каскадной кривой и энерговыделения в максимуме, средняя множественность в аномальных ливнях, ориентационная зависимость этой множественности, исследовано поперечное развитие аномальных ливней. Полученные результаты могут использоваться для создания более компактных спектрометров-калориметров для частиц высоких энергий.

7. Предложен новый метод быстрого охлаждения пучков ионов, имеющих долгоживущее возбужденное состояние, широкополосным лазерным пучком. По сравнению с другими предложениями (такими как оптическое стохастическое охлаждение при высоких энергиях) в новом методе скорость охлаждения увеличивается на несколько порядков, что делает разработанное предложение весьма привлекательным для реализации на крупных накопителях ионов – LHC, RHIC и т.п.

4. Публикации:

- реферируемые журналы (включая работы, принятые к печати)

В.А. Басков, А.В. Кольцов, А.И. Львов, А.И. Лебедев, Л.Н. Павлюченко, В.В. Полянский, Е.В. Ржанов, С.С. Сидорин, Г.А. Сокол, С.В. Афанасьев, А.И. Малахов, А.С. Игнатов, В.Г. Недорезов. Исследование эта-мезонных ядер на электронном сикротроне ФИАН // Ядерная физика и инжиниринг (принято в печать).

S.V. Afanasiev, R.N. Bekmirzaev, V.A. Baskov, I. Cruceru, F. Constantin, M. Cruceru, L. Ciolacu, A. Dirner, D.K. Dryablov, B.V. Dubinchik, R.M. Ibadov, Z.A. Igamkulov, V.I. Ivanov, A.Yu. Isupov, D.M. Jomurodov, A. Kravcakova, S.N. Kuznecov, A.I. Malakhov, V. Matousek, G. Niolescu, A.I. Lebedev, A.I. L'vov, L.N. Pavlyuchenko, E.B. Plekhanov, V.V. Polyansky, E.B. Rzhanov, S.S. Sidorin, V.A. Smirnov, G.A. Sokol, M. Spavorova, M.U. Sultanov, I. Turzo, S. Vokal, J. Vrlakova. New status of the project "η-nuclei" at the NUCLOTRON // Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 245 (2013) 173–176.

Алексеев В.И., Иррибарра Э.Ф., Кубанкин А.С., Нажмуудинов Р.М., Насонов Н.Н., Полянский В.В., Сергиенко В.И. Экспериментальное исследование поляризационного тормозного излучения в мелкозернистых поликристаллах // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2013. № 3. с. 88.

Алексеев В.И., Иррибарра Э.Ф., Кищин И.А., Кубанкин А.С., Нажмуудинов Р.М., Насонов Н.Н., Полянский В.В., Сергиенко В.И. Экспериментальное исследование поляризационного тормозного излучения релятивистских электронов в поликристаллах с субмикронным размером зерна // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 6. с. 44.

Жукова П.Н., Ле Т.Х., Насонова В.А., Насонов Н.Н., Сергиенко В.И. Об одной возможности определения положения атома в элементарной ячейке кристалла // Краткие сообщения по физике ФИАН, №4 (2013) 3.

Кольцов А.В., Серов А.В. Переходное излучение релятивистских электронов, пересекающих коническую поверхность, обладающую идеальной проводимостью. Расчет. Эксперимент // ЖЭТФ, т.143, вып.5 (2013) 844-955.

Серов А.В. Детекторы переходного излучения, использующие в качестве радиатора двугранный угол или коническую поверхность // Письма в ЭЧАЯ, т.11, вып.2, 2014 (в печати).

Кольцов А.В., Серов А.В. Экспериментальное исследование рассеяния электронов с энергией 7 МэВ, пересекающих фольгу под углами 10-45 градусов к его поверхности // Письма в ЖЭТФ, т.99, вып.1 (2014) (в печати).

Монография:

Болотовский Б.М., Кольцов А.В., Серов А.В. Переходное излучение в двугранных и трехгранных углах и на конической поверхности // Физматлит, 2013 г., 128 с.

Басков В.А., Ким В.В., Лучков Б.И., Тугаенко В.Ю., Хабло В.А. Множественность заряженных частиц в ливнях от электронов, развивающихся в ориентированных кристаллах кремния и вольфрама // Краткие сообщения по физике ФИАН, №4 (2013) 35-41.

Басков В.А., Ким В.В., Лучков Б.И., Тугаенко В.Ю., Хабло В.А. Ориентационные зависимости отклика электромагнитного спектрометра с конвертером из ориентированного кристалла // Краткие сообщения по физике ФИАН, №5 (2013) 3-8.

Басков В.А. Оценка параметров каскадной кривой развития электромагнитного ливня в спектрометре с конвертером из ориентированного кристалла // Краткие сообщения по физике ФИАН, №8 (2013) 3-8.

Басков В.А. Отклик электромагнитного спектрометра с конвертером из ориентированного кристалла // Ядерная физика и инжиниринг (принято в печать).

М.И. Левчук, А.И. Львов. Определение сечения фоторождения на нейтроне из данных на дейтроне // Ядерная физика и инжиниринг (принято в печать).

- доклады на конференциях и школах

В.И. Алексеев, Э.Ф. Иррибарра, А.С. Кубанкин, Р.М. Нажмудинов, Н.Н. Насонов, В.В. Полянский, В.И. Сергиенко. Диагностика нанодисперсных поликристаллов на основе поляризационного тормозного излучения релятивистских электронов // XLIII Международная конференция по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами, Москва, МГУ, 27-30 мая 2013 г.

V.I. Alexeyev, A.N. Eliseyev, I.A. Kischin, A.S. Kubankin, V.V. Polyansky, R.M. Nazhmudinov, V.I. Sergienko. Diagnostics of nanodispersive polycrystals using polarization bremsstrahlung from relativistic electrons // X International Symposium "Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures", RREPS-10, Erevan, Armenia, 23-28 September, 2013.

Басков В.А., Регистрация электронов высокой энергии электромагнитным спектрометром на основе ориентированного прозрачного кристалла // Конференция "Научная сессия НИЯУ МИФИ-2013", 1-6 февраля 2013, НИЯУ МИФИ, Москва.

Басков В.А., Оценки характеристик электромагнитных спектрометров на основе прозрачных ориентированных кристаллов // 43я Международная Тулиновская конференция "Физика взаимодействия заряженных частиц с кристаллами" (ФВЗЧК-2013), 28-30 мая 2013, МГУ-НИИЯФ МГУ, Москва.

Басков В.А., Регистрация электронов высоких энергий спектрометрами направленного действия // Сессия-конференция секции ядерной физики ОФН РАН "Физика фундаментальных взаимодействий", 5-8 ноября 2013, ИФВЭ, Протвино.

E.G. Bessonov, A.L. Osipov, A.A. Mikhailichenko. Fast laser cooling of long lived ion beams // International Workshop on Beam Cooling and Related Topics, COOL'13. Proceedings, p.94-96, 2013. See <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/COOL2013/papers/weppo01.pdf> and <http://arxiv.org/abs/1305.7036>.

M.I. Levchuk, A.I. L'vov. On a theory of γ d scattering: Towards model independence // Workshop "Compton scattering off protons and light nuclei: pinning down the nucleon polarizabilities". European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT*), Trento, Italy. July 29 - Aug 02, 2013.

В.Г. Куракин. Автогенератор обратных комптоновских фотонов // Международная сессия-конференция СЯФ ОФН РАН, Протвино 5-8 ноября 2013 г.

- защита диссертаций

- подготовка дипломных (бакалаврских, магистерских) работ

- публикации в средствах массовой информации и др.

Е.Г. Бессонов. Пуанкаре принцип относительности // Большая Российская Энциклопедия, Москва, БРЭ (в печати), 1 стр.

- прочие публикации

Басков В.А. Энергетическая зависимость отклика электромагнитного спектрометра с конвертером из ориентированного кристалла // Краткие сообщения по физике ФИАН (направлено в печать) // Препринт ФИАН, №9, Москва, 2013.

Басков В.А., Оценки поперечного развития аномальных электромагнитных ливней // Краткие сообщения по физике ФИАН (направлено в печать).

E.G. Bessonov, A.A. Mikhailichenko. Comment on "Damping Force in the Transit-time Method of Optical Stochastic Cooling" // arXiv 1307.6185, 2p.

E.G. Bessonov, A.A. Mikhailichenko. Comment on "Coherent Electron Cooling" // Submitted to Phys. Rev. STAB. arXiv 1309.0839, 3p.