

Сотрудничество Беларусь – ОИЯИ: эффективное взаимодействие в рамках международных научных проектов

В течение последних 100 лет научное сообщество добилось впечатляющего прогресса в понимании окружающего мира: от первых экспериментов Рентгена и Резерфорда, открывших завесу микрочастиц, до триумфа Стандартной модели мироздания – открытия бозона Хиггса в 2012 г. Проникновение вглубь материи требует все более дорогих инструментов. Мы живем в эпоху применения и построения сложных ускорителей заряженных частиц, слишком дорогих для создания только одной и даже группой стран. Вот почему существует потребность в международном сотрудничестве в области квантовой и ядерной физики, а также в использовании его возможностей для других отраслей науки и промышленности.

Белорусские ученые к исследованиям в квантовой физике приобщились в середине 30-х гг. Первые их эксперименты в области физики элементарных частиц выполнил Федор Иванович Федоров, получивший степень кандидата наук под руководством академика В.А. Фока в 1936 г. Научное наследие академика Федорова хорошо известно: в электродинамике широко используются уравнения Друде–Борна–Федорова, сдвиг Федорова – для отраженного луча света, ковариантный подход – в физике элементарных частиц.

Федор Иванович – основатель школы белорусских физиков-теоретиков со своими учениками А.А. Богушем, Л.М. Томильчиком, Л.Г. Морозом стал организатором с белорусской стороны авторитетных Гомельских школ молодых ученых по проблемам физики частиц и ядерной физике. Первая серия научных форумов прошла в 70-е гг. и была возобновлена после 20-летнего перерыва в 90-е гг. как школа-семинар «Актуальные проблемы физики частиц и высоких энергий», что дало мощный толчок к взаимодействию НИИ и вузов республики, отдельных ученых – с ОИЯИ. В организации школ активное участие приняли также

гомельские ученые Ю.М. Плескачевский, С.В. Щербаков, Н.В. Максименко, С.И. Тимошин, В.В. Андреев.

Белорусские физики-теоретики стояли у истоков тесного и плодотворного сотрудничества с ОИЯИ в проведении экспериментов в области физики частиц и высоких энергий в СССР. Такие эксперименты требовали напряженной совместной методической работы многих институтов в течение долгого времени, поэтому период от предсказания до подтверждения составлял годы, а иногда и десятки лет. Пионером налаживания работы с экспериментаторами стал В.Г. Барышевский, физик-теоретик, основатель направления исследований в области оптических явлений в ядерной физике. Предсказанная им в соавторстве с М.И. Подгорецким (ОИЯИ) ядерная прецессия спина нейтрона (открытие № 224, СССР, 1979 г.) экспериментально была подтверждена А. Абрагамом и сотрудниками. Явление дихроизма дейтронов высоких энергий (В.Г. Барышевский, 1992 г.) было обосновано в диапазоне Гэв в ОИЯИ в 2007 г.

Серьезный шаг в расширении участия белорусских ученых в международных проектах в области физики частиц и высоких энергий – вступление в ОИЯИ по распоряжению Совета Министров Республики Беларусь от 13.03.1992 г. № 232 р. Два года спустя было заключено соглашение о развитии сотрудничества с CERN (Швейцария).

Воспитанию научных кадров в нашей стране способствовало приглашение выпускников белорусских учебных заведений на работу в ОИЯИ по трехлетним контрактам с 1976 г. Этот путь прошли директор НИИ ЯП БГУ, лауреат Госпремии Республики Беларусь, доктор физико-математических наук, профессор В.Г. Барышевский; директор Национального научно-образовательного центра физики частиц и высоких энергий БГУ (НЦФЧВЭ), доктор физико-математических наук, профессор Н.М. Шумейко.

На базе Института физики АН БССР и Гомельского университета создан Центр обработки фильмовой информации (ЦОФИ), возникший благодаря плодотворному сотрудничеству Л.Г. Мороза и Ю.А. Будагова. Организацию и непосредственное руководство ЦОФИ многие годы осуществлял член-корреспондент А.А. Богуш. Из первопроходцев следует упомянуть В.С. Румянцева, А.С. Курилина, Ф.Е. Зязюлю, И.Л. Соловцова, а также Ю.А. Кульчицкого, В.Н. Капшая. Ученые из Института физики НАН Беларуси Ю.А. Кульчицкий, П.Г. Евтухович, П.В. Терешко, Д.М. Толкачев работают в ОИЯИ.

В конце прошлого века выкристаллизовались и основные направления исследований в рамках координационных планов научных исследований и отдельных проектов, выполняемых в республике совместно с ОИЯИ:

- математические методы для современной физики; интегрируемые системы на основе пространств постоянной кривизны, релятивистские волновые уравнения на фоне пространств постоянной кривизны (А.А. Богуш, Л.М. Томильчик, Ю.А. Курочкин, В.М. Редьков, Р.Г. Шуляковский и др.);
- квантовые компьютеры; квантовая информация; передача на расстояние квантовомеханических перепутанных состояний (С.Я. Килин, Д.Б. Хорошко, А.П. Низовцев и др.);
- проблемы магнитного заряда, его поиск на ускорителях, в том числе на БАК, в проекте ATLAS (Ю.А. Курочкин, И.С. Сацункевич, Д.В. Шелковий); исследование особенностей процессов множественного рождения при энергиях Большого адронного коллайдера, в частности по последним результатам, полученным на детекторе ATLAS (Ю.А. Кульчицкий, П.В. Терешко, Ю.А. Курочкин, С.Н. Гаркуша);
- исследования на Нуклотроне подкритических сборок (А.М. Хильманович, Б.А. Марцынкевич, С.К. Андрухович). В данное направление существенный вклад также вносят сотрудники Объединенного института энергетических и ядерных исследований НАН Беларуси;
- моделирование процессов прохождения частиц (электронов и мюонов) через кристаллы; выбор кристалла для проекта COMET (Д.В. Шелковий).

В ходе совместной работы получены значимые результаты:

- найдены новые квантовомеханические интегрируемые системы: частица в постоянных магнитных полях в трехмерном пространстве Лобачевского в плоском пределе совпадающих с однородным; когерентные квантовомеханические состояния на орисфере пространства Лобачевского;
- обоснована возможность создания квантового компьютера на NV-центрах в алмазе; предложен протокол создания перепутанных состояний оптических полей, основанный на использовании малой нелинейности Керра и передаче квантовых состояний на большие расстояния по каналу с шумом;
- показано, что дискретные дуальные преобразования в электродинамике могут рассматриваться независимо от непрерывных, при этом можно предположить, что они преобразуют электрический предел электродинамики в магнитный;

- построена модель адрона (протона) как когерентного состояния возбуждений на орисфере импульсного пространства Лобачевского, отождествляемых с партонами;
- промоделирован процесс прохождения частиц (электронов и мюонов) через кристаллы; осуществлен выбор кристалла для проекта COMET.

Важным этапом в развитии отношений с ОИЯИ стало совместное участие в экспериментальной программе на Большом адронном коллайдере в CERN (рис. 1, 2).

Сотрудники ОИЯИ и НИИ ЯП БГУ принимают активное участие в анализе данных, обеспечивающих работу измерительного комплекса. Со стороны белорусских организаций эту работу координирует заведующий лабораторией НИИ ЯП БГУ Хуан Суарес.

ОИЯИ – основной спонсор международных конференций «Инженерия сквнтиляционных материалов и радиационные технологии» (ИСМАРТ). Четвертая и пятая (2014, 2016 гг.) были проведены на базе НИИ ЯП БГУ при активном участии сотрудников НАН Беларуси.

С международных Гомельских школ молодых ученых и ЦОФИ начинается активное развитие исследований в области физики частиц в Гомельском государственном



Рис. 1. Члены делегаций Республики Беларусь, ОИЯИ и сотрудники CERN после установки одного из торцевых абсорберов в конструкцию детектора CMS (CERN, Женева, 2006 г.)



Рис. 2. Конструкционные элементы адронного калориметра коллаборации ATLAS, изготовленные в Республике Беларусь (CERN, Женева, 2005 г.)

университете им. Ф. Скорины (ГГУ), в частности электромагнитных и электрослабых характеристик адронов (формфакторы, поляризуемости, константы распадов). Сотрудники получили уникальные результаты в построении эффективных лагранжианов взаимодействия фотонов с адронами с учетом структурных характеристик (Н.В. Максименко, О.М. Дерюжкова). Развиваются также методы автоматизации расчетов в квантовопольных теориях и моделях с использованием систем аналитических вычислений, что является неотъемлемой частью современных физических программ по исследованию свойств элементарных частиц. Были разработаны прецизионные методики решения релятивистских уравнений для связанных состояний и методы расчета матричных элементов процессов взаимодействия элементарных частиц (В.В. Андреев, К.С. Бабич). Также в ГГУ занимались применением квазипотенциального подхода для исследования свойств связанных состояний. Были рассчитаны константы распадов мезонов и получены аналитические и численные решения квазипотенциальных уравнений (В.Н. Капшай, Г.Ю. Тюменков, Е.А. Дей, Ю.А. Гришечкин).

Сотрудники кафедры теоретической физики ГГУ постоянно принимали участие в теоретических и экспериментальных исследованиях в лабораториях ОИЯИ на контрактной основе. Они выполняли работы по моделированию высокоэнергетических процессов взаимодействия элементарных частиц для экспериментов, начавшихся в 2007 г. в CERN в рамках коллабораций CMS и ATLAS (С.Г. Шульга, В.Ф. Конопляников, Е.Е. Кобылец, Т.П. Ильичева, С.В. Подольский, Ю.Ю. Степаненко).

Представитель университета С.В. Подольский был активным участником международной коллаборации эксперимента E391, единственного действующего проекта, посвященного поиску распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 + \nu + \bar{\nu}$.

Доктора наук И.Л. Соловцов и А.А. Панков стали лидерами научных изысканий в области физики частиц и высоких энергий в Гомельском техническом университете им. П.О. Сухого. Здесь в 2002 г. по инициативе академика РАН, почетного директора лаборатории теоретической физики ОИЯИ Д.В. Ширкова при ГГТУ им. П.О. Сухого был создан Международный центр перспективных исследований, нацеленный на внедрение новых форм сотрудничества между ОИЯИ и ГГТУ, объединение усилий в подготовке высококвалифицированных специалистов в наиболее перспективных областях науки и производства.

Научная тематика Центра и используемые методы работы тесно связаны со всемирно известной научной школой академика Н.Н. Боголюбова, многие годы возглавлявшего ОИЯИ. Созданный Д.В. Ширковым и И.Л. Соловцовым подход аналитической теории возмущений в квантовой хромодинамике (АТВ) явился прямым продолжением идей Н.Н. Боголюбова и Д.В. Ширкова из квантовой электродинамики в хромодинамику.

В лаборатории физических исследований ГГУ (А.А. Панков, И.А. Серенкова, А.В. Цитринов и А.А. Бабич) совместно с лабораторией ядерных проблем им. В.П. Дзедзепова ОИЯИ (В.А. Бедняков с сотрудниками) разрабатывают феноменологические методы изучения новых экзотических частиц и взаимодействий в эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере, существование которых предсказывается многочисленными теориями, являющимися обобщениями Стандартной модели. Они нацелены на поиск и идентификацию новых нейтральных и заряженных промежуточных бозонов, обоснованных теориями великого объединения, суперструнными и суперсимметричными теориями, а также гравитонных башен и резонансов, предсказываемых теориями Калуцы–Клейна с дополнительными пространственными измерениями в дилептонных, дифотонных и дибозонных каналах в эксперименте ATLAS. В процессе выполнения совместных исследований получены принципиально новые научные результаты, нашедшие признание научного сообщества и вошедшие в последние издания справочника мировых данных по физике частиц и атомных ядер «Particle Data Group».

История зарождения и становления сотрудничества белорусских ученых с Объединенным институтом ядерных исследований в Дубне наглядно демонстрирует не только широкие возможности консолидации усилий и средств для открытия новых горизонтов науки, но и способность создания и развития научных школ в странах – участницах проектов, а также придает реальный импульс развитию научно-технических возможностей, порой являющихся уникальными. ■

Сергей Килин,

заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси, академик

Юрий Курочкин,

заведующий центром Института физики НАН Беларуси, доктор физико-математических наук, доцент

Михаил Коржик,

завлабораторией НИИЯП БГУ, доктор физико-математических наук

Виктор Андреев,

завкафедрой теоретической физики ГГУ им. Ф. Скорины, доктор физико-математических наук, доцент

Ольга Соловцова,

профессор ГГТУ им. П.О. Сухого, доктор физико-математических наук

Александр Панков,

завцентром ГГТУ им. П.О. Сухого, доктор физико-математических наук, профессор

Николай Максименко,

профессор кафедры теоретической физики ГГУ им. Ф. Скорины, доктор физико-математических наук, профессор