

Заключение

Научного совета по электромагнитным взаимодействиям РАН

по программе «Исследование ядерной материи и астрофизических процессов на пучках фотонов, электронов и релятивистских тяжелых ионов»

На основе тематического совещания, состоявшегося в ОИЯИ 7-8 апреля 2009 г., Совет просит ОФН РАН поддержать программу **«Исследование ядерной материи и астрофизических процессов на пучках фотонов, электронов и релятивистских тяжелых ионов»**. Программа включает в себя следующие проблемы:

| <i>Наименование проблем и их разделов</i> | <i>Исполнители</i> | <i>Установки (работающие и зарезервированные)</i> |
|---|---|--|
| Исследование электромагнитных взаимодействий ядер в области нуклонных и ядерных мультипольных гигантских резонансов. Прецизионные измерения полных сечений фотопоглощения, изучение парциальных каналов распада гигантских резонансов. Изучение спиновых структурных функций нуклонов, мезонов, легчайших ядер, фотона, померона. Измерение амплитуд фоторождения мезонов, сечений реального и виртуального комптоновского рассеяния, измерение магнитных моментов нестабильных барионов. Исследование свойств мезонов и нуклонных резонансов в ядерной среде. Создание и развитие компьютерных баз данных по электромагнитным взаимодействиям. | ФИАН, ИЯИ РАН, ОИЯИ, ИТЭФ, НИИЯФ МГУ, НИИЯФ ТПУ, РНЦ КИ, МИФИ, ОИЯИ, ФЭИ, ИФВЭ. | MAMI (Mainz), GRAAL (ESRF), MAX (LUND), C25-P (ФИАН), ГАММА (РНЦ КИ), Микротрон НИИЯФ МГУ, У70 ИФВЭ, Сириус (ТПИ) В1 (Бонн). |
| Изучение спиновых структурных функций ядер в реакциях упругого и неупругого рассеяния электронов. Исследование глубоко неупругого комптоновского рассеяния и электророждения мезонов, поиск новых типов барионных состояний. Исследования эволюции сильных взаимодействий с изменением расстояний (виртуальности) фотонов. | НИИЯФ МГУ ИТЭФ ИФВЭ | CEBAF (USA) DORIS(DESY (Gamburg) ВЭПП-3,4, Новосибирск, NUSTAR (GSI), CERN (Женева) |
| Исследование электромагнитных взаимодействий релятивистских тяжелых ионов. Изучение квантово-динамических эффектов высокого порядка, спектров виртуальных фотонов. Исследование свойств нестабильных и экзотических ядер на встречных пучках электронов и тяжелых ионов, включая астрофизические аспекты. | ОИЯИ, ИЯИ РАН, ИТЭФ, ФИАН, КИ, ИЯФ СО РАН ИФВЭ | Нуклотрон ОИЯИ, У-70 ИФВЭ. ELISe (GSI), Darmstadt. |
| Изучение электромагнитных взаимодействий в сплошных средах, включая кристаллооптику. Прикладные исследования по системам безопасности, детектированию взрывчатых веществ и делящихся материалов, медицинской диагностике и терапии, создании фарм-препаратов. | ОИЯИ, ИЯИ РАН, НИИЯФ ТПУ, НИИЯФ МГУ, ФИАН | Микротрон НИИЯФ МГУ, ЛУЭ-8.5 ИЯИ РАН |

| | | |
|--|---|--|
| Разработка ускорителей электронов нового поколения | НИИЯФ МГУ, ИЯИ РАН, ОИЯИ, ФИАН | |
|--|---|--|

В качестве обоснования предложенный выше программы Совет отмечает следующее:

1) Очевидна перспективность развития физики электромагнитных взаимодействия на ядерных пучках Нуклотрона и У-70 ИФВЭ. До сих пор ЭМ взаимодействия изучались в основном под действием электронов и фотонов, т. е. бесструктурных частиц. Тяжелые ионы усложняют картину взаимодействия, но и дают новую информацию о новых явлениях релятивистской физики и кантовой электродинамики, спиновой физики и др. В этой связи переход от нуклотрона к коллайдеру НИКА в перспективе открывает большие возможности. В настоящее время в ИФВЭ существует возможность создания пучков легких релятивистских ионов с импульсом до 30 А ГэВ/С, на которых, начиная с 2011 года, можно провести серию экспериментов по электромагнитной диссоциации ядер, измерению формфакторов и др. С другой стороны, такие исследования стимулируют проведение экспериментов на пучках фотонов и электронов, чтобы путем сравнения получать достоверную информацию, например, об электродинамических эффектах высокого порядка (расщепление фотона и др.). Особо следует отметить возможность изучения свойств нестабильных и экзотических ядер методом рассеяния электронов на встречных пучках тяжелых ионов (проект NUSTAR – ELISe в рамках FAIR).

2) Совет поддерживает проведение экспериментов с внутренними мишенями на электронном накопителе ВЭПП-3. Метод внутренних мишеней в накопителях частиц был предложен и впервые применен для ядерно-физических экспериментов в ИЯФ, Новосибирск. К настоящему времени измерены зарядовые формфакторы дейтрона в упругом электрон-дейтронном рассеянии, проведено измерение тензорных анализирующих способностей в реакции фотодезинтеграции дейтрона, впервые измерена T_{21} -компонента тензорной анализирующей способности фотообразования отрицательного пиона, получены первые результаты по тензорным наблюдаемым T_{21} -величинам когерентного фоторождения нейтрального пиона на дейтроне. Дальнейший прогресс программы экспериментов по фотопроцессам с поляризованными мишенями связан с введением на ВЭПП-3 системы мечения квазиреальных фотонов, сооружение которой началось в 2008 году. Система мечения обеспечит измерение энергии фотонов от сотен МэВ до 1.5 ГэВ, при этом открывается возможность проведения экспериментов с двойной поляризацией. Важным результатом станет учет вклада двухфотонного обмена путем сравнения сечений упругого

рассеяния электронов и позитронов на протоне. Для выполнения этих работ, которые ведутся при сотрудничестве с НИИЯФ ТПУ, необходима целевая поддержка РАН.

3) Совет отмечает, что электронные и фотонные пучки с энергиями от десятков МэВ и выше уже давно используются для получения надежной информации о строении адронов и ядер. Электромагнитные взаимодействия исторически сыграли решающую роль в установлении современных кварк-глюонных представлений об адронах, спиновой структуры нуклонов. На детекторе CLAS получены первые данные по электромагнитным формфакторам для большинства возбужденных состояний нуклона. Формфакторы определены в широкой области виртуальностей фотона от 0,2 до 1,5 ГэВ. Эти данные позволили впервые установить эволюцию структуры нуклона в зависимости от расстояния. Обнаружен переход от значительного вклада мезон-барионного облака к преимущественному взаимодействию с кварковой компонентой при уменьшении расстояния от 10 до 10 ф. Обнаружены сигналы от новых типов барионов, т.н. “missing” резонансов. Российские ученые из ИЯИ РАН, ФИАН, ОИЯИ, РНЦ КИ и др. активно участвуют во всех перечисленных выше международных проектах. В последние годы эксперименты вышли на качественно новый уровень благодаря значительному повышению интенсивности пучков, улучшению монохроматичности, созданию поляризованных пучков и мишеней, а также благодаря появлению детекторов нового поколения с 4π геометрией, высоким пространственным, временным и энергетическим разрешением. Это сразу позволило развить новые методы исследований, среди которых можно отметить метод «меченых мезонов», позволяющий изучать взаимодействия нестабильных мезонов с ядрами, метод рассеяния электронов на встречных пучках тяжелых ионов, что позволит исследовать свойства экзотических ядер с высокой точностью и др. Благодаря высокой точности измерений стало возможным определять многие ранее недоступные резонансные амплитуды фото- и электровозбуждения, магнитные моменты и поляризуемости нестабильных адронов, Q^2 -зависящие поляризуемости, обобщенные партонные распределения, детально проверять современные модели и теории, основанные на квантовой хромодинамике, киральной симметрии.

4) В России имеется и поддерживается в рабочем состоянии электронный синхротрон на энергию до 1.2 ГэВ (ФИАН), на котором, в частности, были получены одни из первых данных о поляризуемости заряженного пиона, а недавно впервые обнаружен сигнал об образовании и распаде эта-мезонных ядер, позднее подтвержденный результатами на МAMI. В Новосибирске (ИЯФ) ведутся уникальные эксперименты по рассеянию электронов на поляризованной внутренней струйной мишени. В Российском научном центре

«Курчатовский Институт» с участием ИЯИ РАН на завершающей стадии создания находится установка «ГАММА», где возможно создание комптоновского пучка средних энергий. В Томске (НИИ ЯФ ТПУ) на электронном синхротроне «Сириус» реализуется программа по изучению ненуклонных степеней свободы в ядрах. Сделана экспериментальная оценка вероятности Δ -изобарных конфигураций в основном состоянии ядра углерода.

5) Экспериментальные исследования на отечественных ускорителях продолжаются и в области невысоких энергий (70 МэВ микротрон НИИЯФ МГУ), где имеется большая нужда в точных и надежных данных о сечениях фоторасщепления различных ядер по различным каналам. Эти данные нужны в качестве реперных для объяснения механизмов кулоновской диссоциации релятивистских ядер, решения фундаментальных проблем, связанных с астрофизикой, а также различных прикладных проблемам, включая ядерную энергетику, медицину, экологию, материаловедение, радиационные разделы химии, геологии и многие другие. В этой связи большую роль играет созданная в НИИЯФ МГУ реляционная база данных о ядерных реакциях, созданная и поддерживаемая в рамках международной Сети центров ядерных данных МАГАТЭ. Важным аспектом является наличие теоретических групп (НИИЯФ МГУ, МИФИ, ФЭИ и др.), способных обеспечить теоретически обоснованные подходы к проблемам структуры атомных ядер и ядерной астрофизики. В этой связи необходимы последовательные микроскопические расчеты в области низких энергий вне стандартных подходов в рамках самосогласованной теории с учетом связи с фононами и одночастичного континуума.

И. О. Председателя Совета,
Профессор

В. Г. Недорезов

Ученый секретарь Совета
К. ф.-м. н.

П. И. Зарубин