

Ядерная физика

В 2017–2023 гг. дальнейшее развитие получат следующие основные направления исследований в области ядерной физики низких энергий: синтез сверхтяжелых элементов в реакциях с тяжелыми ионами и изучение их ядерно-физических и химических свойств, фундаментальные исследования с нейтронами, а также прикладные исследования.

Уникальные возможности ускорителей тяжелых ионов и экспериментальных установок ОИЯИ позволили наладить широкое международное сотрудничество с исследовательскими центрами государств-членов Института и других стран.

Синтез и изучение ядерно-физических свойств изотопов сверхтяжелых элементов

Создание Фабрики сверхтяжелых элементов позволит проводить в 2017–2023 гг. углубленное исследование ядерно-физических свойств изотопов сверхтяжелых элементов с $Z = 113–118$. Сравнительные исследования реакций актинидных мишеней с ^{48}Ca и более тяжелыми частицами ^{50}Ti , ^{54}Cr , ^{58}Fe позволят приступить к синтезу элементов с $Z = 119, 120$. Значительное внимание будет уделено экспериментам по синтезу новых изотопов сверхтяжелых элементов с целью определения границ «острова» повышенной стабильности.

Исследование реакций неполного слияния массивных ядер

Дальнейшим шагом в изучении тяжелых и сверхтяжелых нейтронно-обогащенных ядер станет исследование реакций глубоконеупругих передач и квазиделения как инструмента для синтеза тяжелых ядер с большим избытком нейтронов, изучения влияния оболочечных эффектов на механизмы реакций.

Синтез и изучение свойств новых нуклидов в области тяжелых ядер

Тяжелые нейтроноизбыточные ядра, расположенные в области $Z = 60–90$ вблизи замкнутой нейтронной оболочки $N = 126$, будут исследоваться в реакциях многонуклонных передач с использованием высокоинтенсивных пучков тяжелых ионов.

Ядерная структура элементов второй сотни

На модернизированном многопараметрическом детекторном комплексе GABRIELA в сочетании с селектором скоростей SHELS будут продолжены эксперименты по α -, β - и γ -спектроскопии тяжелых и трансфермиевых изотопов, которые позволят получить данные о структурах ядерных уровней, а также уточнить параметры моделей, описывающих свойства СТЭ.

Изучение механизмов реакций со стабильными и радиоактивными ядрами; поиск новых видов распадов

На установках, оборудованных криогенными мишенями ^3He , ^4He , H_2 , D_2 , T_2 и многопараметрическими детектирующими системами заряженных частиц, нейтронов и гамма-квантов, будут реализовываться программы по поиску $2n$ - и $4n$ -радиоактивности, исследованию $2p$ -радиоактивности, распадов $2n$, $4n$, $2p$, $4p$ вблизи границ ядерной стабильности.

С помощью комплекса магнитных анализаторов высокого разрешения МАВР будут изучаться характеристики реакций со слабосвязанными стабильными и радиоактивными ядрами вблизи кулоновского барьера, а также механизмы ядерных реакций с кластерными ядрами. Эти исследования позволят оценить роль экзотических ядер в астрофизическом нуклеосинтезе.

Нейтронная ядерная физика

Исследования в области нейтронной ядерной физики будут вестись на установке ИРЕН. Также будут проводиться эксперименты на реакторе ИБР-2М — в основном это работы, для которых необходимы более высокие потоки нейтронов, на установке ЭГ-5 — эксперименты

с быстрыми нейтронами, низкофоновые измерения и прикладные исследования, а также выездные исследования на внешних источниках нейтронов.

Научные исследования будут продолжены по трем основным направлениям.

1. Исследования нарушений фундаментальных симметрий во взаимодействиях нейтронов с ядрами и сопутствующие данные

В 2017–2023 гг. усилия групп, работающих в области изучения физики взаимодействия нейтронов с ядрами, будут сконцентрированы на наиболее приоритетных работах, связанных с исследованием процессов нарушения фундаментальных симметрий в нейтронно-ядерных взаимодействиях. Основные задачи в этой области следующие.

– Поиски нейтрального тока в слабых нуклон-нуклонных (NN) процессах в экспериментах по измерению P -нечетной асимметрии в реакциях с медленными поляризованными нейтронами на легчайших ядрах; в частности, измерения P -нечетной асимметрии в реакции ${}^3\text{He}(n, p){}^3\text{H}$ на холодных поляризованных нейтронах (ILL, ПИК).

– Изучение T -нечетных и P -нечетных эффектов в делении. Измерения характеристик и корреляций испускания нейтронов, гамма-квантов и легких заряженных частиц в делении (ИРЕН, ИБР-2, ILL, FRM-2).

– Исследования T -нечетных, P -нечетных и P -четных эффектов в реакциях (n, γ) , (n, p) , (n, α) в резонансной области энергии нейтронов (ИРЕН, ЭГ-5, n_TOF).

– Исследование мгновенных нейтронов деления ядер и свойств сверхтекучести осколков деления (ИРЕН).

– Измерения полных и парциальных нейтронных сечений, угловых корреляций, флуктуаций множественности, выходов продуктов реакций в нейтронно-ядерных взаимодействиях (ИРЕН, ЭГ-5, n_TOF).

2. Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН

Деятельность в области физики ультрахолодных нейтронов в 2017–2023 гг. будет направлена на сохранение и развитие существующей научной школы. Мировая тенденция развития данного направления заключается в создании источников УХН высокой плотности. Запуск источника УХН с плотностью 10^4 нейтронов/см³ откроет новые перспективы для повышения точности прецизионных экспериментов с УХН, реализации новых методик, расширения области применения УХН (например, использование УХН для исследований поверхности и физических явлений на ней). ОИЯИ планирует активно участвовать в разработке и создании такого источника на наиболее интенсивных нейтронных источниках: реакторе ПИК (Гатчина, Россия) или реакторе ILL (Гренобль, Франция).

Наиболее интересной физической проблемой, которую можно решить, создав источник высокой плотности, является определение времени жизни нейтрона с точностью $\sim 0,1$ с. Решение этой проблемы будет приоритетной задачей семилетки. Использование интенсивного источника УХН потребует применения новой экспериментальной техники и подходов, которые необходимо предварительно разработать и проверить.

Имеющиеся в ОИЯИ источники нейтронов не позволяют создавать источники УХН высокой плотности, но для проведения тестовых экспериментов, привлечения и обучения молодежи такой источник крайне необходим. Одной из задач в данном направлении в 2017–2023 гг. является изучение возможности создания источника очень холодных нейтронов (ОХН) на реакторе ИБР-2 и источника УХН на его основе. Создание источника ОХН само по себе имеет интересные перспективы его использования для решения как задач фундаментальной физики, так и задач исследования конденсированного состояния вещества.

3. Прикладные и методические исследования

– Работы с использованием нейтронного активационного анализа на установке РЕГАТА реактора ИБР-2 и спектрометре атомной абсорбции (ААС) в рамках выполнения международных и национальных проектов по направлению «Науки о жизни».

– Неразрушающий анализ элементного состава объектов с помощью тепловых, резонансных и быстрых нейтронов с использованием методов нейтронной и гамма-спектрометрии.

– Развитие и применение метода меченых нейтронов для фундаментальных исследований взаимодействий быстрых нейтронов с ядрами. Применение метода для элементного анализа.

– Анализ поверхностей твердых тел и наноструктур на пучке ускорителя ЭГ-5. Создание микропучка на базе ускорителя ЭГ-5.

– Моделирование и калибровка нейтронных детекторов для космических аппаратов.

График финансирования (тыс. долл. США)

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | Итого |
|--|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Фундаментальные исследования ядерных реакций под действием нейтронов | 416,0 | 425,0 | 632,0 | 645,0 | 630,0 | 590,0 | 562,0 | 3 900,0 |
| Исследования фундаментальных свойств нейтрона, физика УХН | 180,0 | 180,0 | 190,0 | 274,0 | 300,0 | 550,0 | 570,0 | 2 244,0 |
| Прикладные и методические работы | 304,0 | 350,0 | 200,0 | 175,0 | 240,0 | 110,0 | 210,0 | 1 589,0 |
| Итого | 900,0 | 955,0 | 1 022,0 | 1 094,0 | 1 170,0 | 1 250,0 | 1 342,0 | 7 733,0 |