**MONUMENT**

**Измерение обычного мюонного захвата для проверки ядерных матричных элементов 2β-распадов**

Тема:**03-2-1100-2019/2021**(неускорительная нейтринная физика и астрофизика)

*Лаборатория ядерных проблем (ЛЯП ОИЯИ), Дубна*

В.В.Белов, К.Н. Гусев, И.В.Житников, Д.Р.Зинатулина, С.В.Казарцев, Н.С.Румянцева, М.В.Фомина, Е.A.Шевчик, M.В.Ширченко, Ю.A.Шитов

*Институт Пауля Шеррера (PSI), Швейцария, Филлиген*

A.Knecht, S.M. Vogiatzi

*ТехническийуниверситетМюнхена, Германия, Мюнхен*

T. Comellato, M. Schwarz, S.Schönert, C. Wiesinger

*Университет Алабамы, Отдел Физики и Астрономии, США, Тускалуза*

I.Ostrovskiy

*Университет Ювяскюля, Финляндия, Ювяскюля*

I.Suhonen, L. Jokiniemi

*Физический Институт, Университет Цюриха, Швейцария, Цюрих*

L.Baudis

*ИнститутЯдернойиРадиационнойФизики, Бельгия, Левен*

T. Cocolios

*Исследовательский центр Ядерной Физики, Университет Осаки, Япония, Осака*

H. Ejiri

*ТехническийУниверситетМалайзии, ЙохорБахру*

I.H. Hashim, F. Othman

Руководитель проекта:Д.Р. Зинатулина(*zinatulina@jinr.ru*)

Заместитель руководителя проекта:М.В. Ширченко

**Аннотация**

Поиск двойного безнейтринного бета распада (0bb) является одной из приоритетных задач современной физики. Его обнаружение будет иметь фундаментальное влияние не только на саму физику нейтрино, но и на физику элементарных частиц и космологию в целом. Это позволит определить природу нейтрино (майорановская или дираковскаячастица), протестировать иерархию нейтринных масс и, возможно, найти эффекты, происходящие с нарушением СР-инвариантности. Открытие 0bb распада может пролить свет на причину преобладания в нашей Вселенной материи над антиматерией. Тем не менее, для определения эффективной массы майорановского нейтрино из измеренного значения вероятности 0bb распада, необходимо с достаточной точностью знать величину ядерного матричного элемента (ЯМЭ). На сегодняшний день, теоретические расчеты ЯМЭ дают результаты, различающиеся в 2-3 раза, в зависимости от использованной модели ядра. Именно поэтому, в недавних рекомендациях APPEC (Европейский консорциум по физике частиц и астрофизике) было рекомендовано интенсифицировать экспериментальные и теоретические усилия, направленные на улучшение вычислений ЯМЭ.

 Целью проекта является проведение экспериментальных измерений мюонного захвата на нескольких дочерних, по отношению к кандидатам на 0bb распад, ядрах. Получаемые результаты критически важны для проверки точности теоретических расчетов ядерных матричных элементов. Нашей группой, совместно с европейскими коллегами, была подана заявка на измерения обычного мюонного захвата (ОМЗ) на нескольких изотопах на мезонной фабрике Института ПауляШеррера (PSI) в Швейцарии. Данное предложение было рассмотрено и одобрено программным комитетом PSI в январе 2020. Пучковое время предоставлено в 2020 году для предварительного исследования
Ba-136 (дочернее ядро для Xe-136) с дальнейшей программой измерений, как минимум, на три года. В связи со сложившейся ситуацией в мире относительно вируса COVID-19, первый этап измерений был передвинут с 2020 на октябрь 2021 года.

 Проект MONUMENT продолжает и расширяет предшествующую программу измерений ОМЗ, предложенную и осуществляемую под руководством сотрудников ОИЯИ в период с 1998 по 2006 годы. Наша группа, в свою очередь, имеет богатый опыт в прецизионной ядерной спектроскопии и реализации экспериментов по изучению не только редких процессов, но и экспериментов, связанных с изучением мюонного захвата.
 В период с 2021 по 2023 гг., планируется провести измерения ОМЗ для изотопов
Ba-136, Se-76 и Mo-96. Измерение ОМЗ на Se-76 имеет особое значение в связи со стартующим в данный момент международным экспериментом нового поколения по поиску 0bb распада на Ge-76 – LEGEND. Кроме того, мы собираемся провести измерения изотопов Ca-40, Fe-56, S-32 и Mo-100, результаты которых важны для экспериментальной проверки корректности теоретических расчетов, а также могут быть полезны для астрофизики.

ОИЯИ играет ведущую роль в экспериментеMONUMENT. За исключением экспериментальной инфраструктуры на ускорительном комплексе, которая будет обеспечена нашими коллаборантами, все остальное проведение проекта будет проходить под нашим руководством. Для успешной реализации проекта планируется приобрести: изотопы для обогащенных мишеней, детекторы и, частично, необходимую электронику. Дополнительно предстоит покрыть затраты на командировки для проведения самого эксперимента и совещаний по анализу данных. Затраты оцениваются в ~$378,000 на 3 года программы.

Нами будет выполнено создание и производство самих мишеней и системы активной мюонной защиты для фильтрации экспериментальных данных. За 2020 год нашей группой была подготовлена специальная рама для крепления всей детекторной системы установки. Полным ходом идет подготовка к предстоящим измерениям в 2021 г, а именно: создание и тестирование твердых мишеней, а также мюонных счетчиков для фильтрации полезных событий. На июнь 2021 г запланирована отправка элементов экспериментальной установки в Германию. Вкладом в проект от группы наших коллег под руководством С. Шонерта из Технического университета Мюнхена (TUM) будут германиевые детекторы и параллельная система сбора данных (LLAMA). В дальнейшем вся установка будет собрана и протестирована в Мюнхене, а затем отправлена в PSI. Измерения изотопически-обогащенных Ba-136 и Se-76 запланированы на октябрь-ноябрь 2021 года. Одним из важных элементов подготовки к предстоящим исследованиям является изучение ранее накопленных тестовых данных по мюонному захвату в Mg-24 в 2019 году. Получены временные и энергетические спектры излучения, сопровождающие мюонный захват в магнии, а также определены полные скорости мюонного захвата и выходы продуктов реакции. По полученным результатам готовится публикация. Анализ данных продолжается.