

Международная конференция по свойствам ядер, далеких от области бета-стабильности

Конференция проходила с 31 августа по 4 сентября 1970 г. в городе Лейзине (Швейцария) и была организована группой Изольде (ЦЕРН). В работе приняли участие 150 специалистов из США, ФРГ, Швеции, Франции, Дании и других стран, а также делегации ЦЕРН (Женева) и ОИЯИ (Дубна); было заслушано более 50 докладов и кратких сообщений. Материалы конференции будут опубликованы в ближайшее время в виде препринта ЦЕРН.

На первой сессии конференции были заслушаны доклады, содержащие обзор физических проблем и экспериментальных методов изучения новых изотопов. В докладе Р. Соренсена (США) отмечалось, что одной из важнейших проблем является экспериментальная проверка существования новой области стабильности сверхтяжелых элементов. При изучении изотопов известных элементов, далеких от линии β -стабильности, важным является получение информации, во-первых, о ядрах с $N = Z$ при достаточно высоком значении A , имеющих состояния с низким значением изотопического спина $T = 0$, $T = 1$, во-вторых, о β -распаде с высоким значением Q для получения силовой функции β -распада, и, в-третьих, о новых областях деформации ядер.

В докладе В. Галберта (ЦЕРН) и Р. Кляшша (Франция) содержались обзор экспериментальной техники, используемой для изучения короткоживущих изотопов, и перспективы ее развития. Рассматривались различные системы: а) масс-сепараторы с ионным источником на пучке заряженных частиц и нейтронов; б) системы детекторов, измеряющие энергию, удельную ионизацию и время пролета продуктов ядерных реакций; в) комбинацию предыдущего способа с магнитным анализом частиц; г) газонаполненные масс-сепараторы и др. Безусловно, наилучшие возможности получения спектроскопической информации о короткоживущих изотопах дает первый из перечисленных способов. Однако его применение существенно ограничено трудностями экспериментального введения продуктов ядерных реакций в ионный источник. Сейчас эта задача успешно решается лишь для легколетучих элементов восьмой, первой и частично второй групп периодической системы Менделеева. В связи с этим большой интерес вызвало краткое сообщение Дж. Нитцше (Франция) о подаче продуктов ядерных реакций в ионный источник с помощью газовой струи. Система находится в стадии отработки, эффективность ее пока очень невысока, однако авторы надеются в дальнейшем повысить эффективность до уровня одного процента. В целом техника, используемая для изучения короткоживущих изотопов, за последнее время бурно развивается во многих странах. Сейчас в мире насчитывается 14 масс-сепараторов на пучках заряженных частиц и нейтронов.

Большой интерес и высокую оценку заслужили результаты группы В. В. Волкова (ОИЯИ) по нуклонной стабильности большого числа новых нейтроноизбыточных изотопов легких элементов, таких, как C^{18} , N^{21} , O^{24} , F^{25} , Ne^{26} и др., синтезируемых в реакциях с тяжелыми ионами.

На специальной сессии обсуждались вопросы физики β -распада с высоким значением энергии и испускание запаздывающих частиц. В работе Р. Макфарлана (США) исследовалось излучение запаздывающих про-

тонов и α -частиц ядрами Na^{20} и Al^{24} . Измерение доплеровского уширения линий в спектре α -частиц, связанное с движением излучающего ядра в результате импульса отдачи в β -распаде, позволяет вычислить энергетический спектр ядер отдачи и сделать вывод о варианте гамилтониана слабого взаимодействия. В докладах В. Джонсона (ЦЕРН) и П. Хансена (ЦЕРН) изложены новые результаты, полученные на установке «Изольде», относительно распада нейтронодефицитных изотопов ксенона и ртути. Полученные спектры запаздывающих протонов для Xe^{115} и Hg^{181} обработаны для извлечения силовой функции β -распада, В. А. Карнаухова (ОИЯИ) сообщил об экспериментальных попытках наблюдения протонного распада из основного состояния для излучателей с $Z > 50$.

На двух сессиях конференции по свойствам уровней деформированных и сферических ядер было сообщено очень большое количество новых сведений о распаде короткоживущих изотопов как в области нейтронного дефицита, так и нейтронного избытка. В кратких сообщениях К. Я. Громова и Т. Фенеша (ОИЯИ) дана информация о программе изучения короткоживущих изотопов, развиваемой в Дубне на базе пучка протонов с энергией 680 МэВ.

Из большого числа других работ наиболее интересными в методическом отношении были доклады Е. Хейфца (США) и Г. Херрманна (ФРГ). В первом из них описаны эксперименты по определению схем уровней нейтроноизбыточных ядер, образующихся при спонтанном делении Sf^{252} . Опыты производились с помощью электронной аппаратуры, измеряющей несколько параметров. Регистрировались совпадения двух осколков с рентгеновскими лучами и γ -квантами. По энергии двух осколков определялось массовое число изотопа, излучающего γ -кванты, а энергия рентгеновских лучей давала атомный номер этого изотопа. Запись γ — γ -совпадений для изотопов с определенными таким образом Z и A давала возможность построить схемы уровней таких ядер, как Ba^{144} , Ru^{110} , Zr^{102} . Делается вывод о наличии сильной деформации у ядер с A вблизи 100, например у ядра Zr^{102} , которое обладает ярко выраженной ротационной полосой. Измерялось также время жизни возбужденных уровней методом запаздывающих совпадений.

В докладе Г. Херрманна также сообщалось об экспериментальном изучении нейтроноизбыточных изотопов, образующихся в делении. Определение Z короткоживущих изотопов производилось методом экспрессной химии. Процедура химического выделения элементов была настолько быстрой, что удавалось исследовать изотопы с периодами полураспада до нескольких секунд. Изучались излучение запаздывающих нейтронов многими ядрами, а также спектры γ -излучения, сопровождающего β -распад, методом γ — γ -совпадений с двумя $Ge(Li)$ -спектрометрами.

Большое количество новой ядерно-спектроскопической информации было получено с помощью масс-сепараторов на пучках частиц группой «Изольде» (ЦЕРН), группой «Осирис» (Швеция), группой в Орсе (Франция), группой П. Армбрустера (ФРГ), группой в Буэнос-Айресе (Аргентина) и др.

Специальная сессия конференции была посвящена проблеме сверхтяжелых элементов. Было заслушано 5 теоретических и 3 экспериментальных доклада.

Доклад Р. Никса (США) представлял собой краткое изложение работ по расчету основных характеристик сверхтяжелых ядер и анализ различных путей синтеза сверхтяжелых ядер в реакциях с ускоренными тяжелыми ионами. Высказано предположение, что сечение образования сверхтяжелого ядра будет тем выше, чем меньше энергия возбуждения и деформация образованного на первой стадии реакции продукта. Однако этот анализ был глубоко качественным, поскольку задача расчета сечений образования сверхтяжелых элементов чрезвычайно сложна.

Второй доклад, прочитанный С. Г. Нильсоном (Швеция), также являлся обзором результатов расчета свойств тяжелых и сверхтяжелых ядер. Подробно исследуется влияние деформации типа ϵ_4 на высоту и форму барьеров деления тяжелых ядер. Приводятся таблицы рассчитанных масс, оболочечных поправок, деформаций, энергий связи нейтронов, протонов и α -частиц, энергий β -распада для ядер в области масс $150 < A < 330$.

В докладе К. Бракнера (США) развит другой подход к расчету энергий связи тяжелых ядер с использованием статистической теории ядра. В модели Бракнера при значительной деформации энергия связи ядра оказывается несколько выше, чем в жидкокапельной модели. Делается попытка вычисления оболочечной поправки данным методом, однако оказывается, что величина поправки существенно зависит от параметров расчета.

Результаты экспериментальных исследований были изложены в докладах Г. Н. Флёрва (ОИЯИ), С. Г. Томпсона (США) и М. Лефора (Франция). Г. Н. Флёрвом доложены результаты работ по поиску в природе сверхтяжелых элементов, развиваемых в ЛЯР ОИЯИ сообщено о новых результатах, полученных в ЛЯР по синтезу и изучению свойств распада 105-го элемента, и перспективах проведения опытов по синтезу элемента 125. Основная часть доклада была посвящена направлениям поиска сверхтяжелых элементов с использованием методов регистрации актов спонтанного деления ядер с помощью диэлектрических детекторов, больших пропорциональных счетчиков и высокоэффективного низкофонового нейтронного счетчика. Доложены результаты исследования некоторых образцов с помощью нейтронного счетчика, которые позволяют определить среднее число нейтронов на акт спонтанного деления ядер, входящих в состав этих образцов. Специально обсуждался вопрос выбора материалов, наиболее подходящих для поиска в них сверхтяжелых элементов. Показана перспективность исследования железомарганцевых конкреций, которые в силу ряда причин могут являться естественными накопителями сверхтяжелых элементов, содержащихся в воде океана.

С. Г. Томпсон сообщил о проведенных в Беркли экспериментах с помощью большого сцинтилляционного детектора нейтронов по поиску спонтанного деления сверхтяжелых элементов в образцах, содержащих свинец. Детектором нейтронов является жидкий сцинтиллятор, содержащий гадолиний объемом 430 л, просматриваемый 16-ю фотоумножителями. Основные достоинства детектора — высокая эффективность (62%) и хорошее временное разрешение (≈ 50 нсек). Представлены результаты измерения некоторых образцов, выполненные под землей (250 м). В некоторых случаях наблюдалось повышенное по сравнению с фоном число совпадений высокой кратности (> 4), что может быть связано с актами спонтанного деления с испусканием большого числа нейтронов. Однако требуются даль-

нейшие эксперименты в условиях более низкого фона.

М. Лефор представил проект эксперимента по синтезу сверхтяжелых элементов на ускорителе в Орсе с помощью пучка ионов криптона. Описана методика измерения массы продуктов ядерных реакций с помощью магнитного масс-сепаратора для ядер отдачи. Эксперименты в этом направлении находятся сейчас в начальной стадии.

Дискуссии показали, что темпы работ по поиску и синтезу сверхтяжелых элементов нарастают. В поисках супертрансурановых элементов в природных образцах участвуют физики и химики в США, ФРГ, Великобритании, Франции, Швейцарии, Швеции. Используются различные методы анализа.

Два доклада на этой сессии прочитаны А. Камероном (США). В первом из них рассматривались вопросы динамики процесса быстрого захвата нейтронов, приводящего к синтезу элементов при взрывах сверхновых звезд (r -процесса). Прделаны вычисления вероятности образования элементов в r -процессе, результаты сравниваются с экспериментальными данными по распространенности элементов в природе. Весьма успешно объясняются узкие и широкие максимумы распространенности, наблюдающиеся вблизи магических ядер. Качественно анализируется возможность синтеза сверхтяжелых элементов в r -процессе. Результат анализа таков: современная теория r -процесса не может дать определенный количественный ответ, так как все существенно зависит от свойств сильно нейтронообогащенных ядер с $z > 90$, которые в настоящее время неизвестны. Если эти ядра обладают значительным барьером деления, то синтез сверхтяжелых ядер в r -процессе возможен. Эта точка зрения, вероятно, правильна, хотя она и противоречит распространенному в литературе мнению о невозможности синтеза сверхтяжелых элементов в r -процессе.

Во втором докладе, представленном Камероном, автором которого является Г. Бернер (США), рассматриваются процессы в нейтронной звезде (пульсаре). Предложена многослойная модель пульсара, каждый из шаровых слоев которого обладает своим составом и структурой. Рассматриваются равновесные реакции взаимного превращения элементарных частиц, предсказывается наличие большого числа гиперонов в центральной области пульсара. Рассчитана зависимость состава и размеров нейтронной звезды от ее массы.

Заключительная сессия конференции была посвящена проблеме масс ядер. В докладах И. Зельдеса (Израиль), А. Ванстра (Нидерланды) и П. Сигера (США) сообщалось о новых расчетах масс ядер; особое внимание уделяется вопросу экстраполяции масс ядер в область, далекую от линии β -стабильности, и правильному учету влияния оболочечных поправок, энергий деформации и нейтрон-протонного взаимодействия на массы ядер. На этой же сессии были доложены и экспериментальные результаты, представляющие интерес для проверки расчетов масс ядер. О. Нильсен (ЦЕРН) и Г. Рудстам (Швеция) сообщили об измерениях энергий β -распада для нейтронодефицитных и нейтроноизбыточных изотопов.

Итоги конференции были подведены в заключительном слове профессора И. Бергстрема (Швеция), отметившего большой прогресс в области изучения ядер далеких от линии β -стабильности, достигнутый за последние четыре года после первой конференции по данной тематике в 1966 г. (Лизекиль, Швеция).