

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

539.144(063)

**II ВСЕСОЮЗНЫЙ СЕМИНАР «ВРЕМЕНА ЖИЗНИ
ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР»****(Ленинград, ФТИ АН СССР, 20—22 декабря 1988 г.)**

В работе семинара приняли участие около 50 научных сотрудников из Москвы, Ленинграда, Киева, Минска, Ташкента, Дубны и Новосибирска. Были представлены институты АН СССР и академий наук союзных республик, другие научно-исследовательские организации и университеты. Всего заслушано 24 доклада. Основное внимание было уделено актуальным проблемам теоретических и экспериментальных исследований времен протекания ядерных реакций в диапазоне 10^{-21} — 10^{-14} с и времен жизни возбужденных состояний ядер в диапазоне 10^{-15} — 10^{-8} с.

Большое место в работе семинара занял анализ теоретических подходов, позволяющих извлекать данные о длительностях и кинетике ядерных процессов, исходя из известных данных о сечениях нейтрон-ядерных реакций. Изучению кинетики ядерных процессов в области хорошо разделенных резонансов, интерферирующих с нерезонансным фоном, был посвящен доклад В. С. Ольховского. Теоретически обоснован эффект резкого изменения длительности ядерных реакций в области сильно искаженных нерезонансным фоном изолированных многоканальных резонансов. Этот эффект сопровождается появлением энергетических аномалий в сечениях. Установлен также эффект запаздывающего испускания нейтронов в реакциях типа (α, n) . Из расчетов следует, что значения длительностей рассеяния нейтронов низких энергий различными ядрами легкого и среднего атомного веса лежат в пределах 10^{-18} с и менее. В докладе А. И. Кальченко, Г. В. Максименко и Г. А. Прокопца приведены результаты теоретических расчетов времен протекания (τ_R) предравновесных процессов на основе анализа экспериментально наблюдаемых флуктуации радиационных ширин нейтрон-ядерных резонансов. Расчеты выполнены в рамках квантово-статистического подхода, впервые предложенного В. Г. Носовым. Значения τ_R , вычисленные для 78 ядер в области $20 \leq A \leq 236$, лежат в пределах от 10^{-21} до 10^{-17} с. Большое отличие значений τ_R для соседних ядер указывает на зависимость процесса релаксации от структурных особенностей отдельных ядер. В докладе В. С. Ольховского и Ю. В. Сениюка анализировалась связь времени протекания компаунд-процессов с плотностью неразрешенных резонансов ($\langle \rho \rangle$). Это позволило, используя результаты измерения времен жизни составных ядер с помощью метода теней, получить оценки $\langle \rho \rangle$. Выяснилось, что полученная таким образом энергетическая зависимость $\langle \rho \rangle$ отличается от предсказаний модели ферми-газа.

В докладе В. К. Басенко и Г. А. Прокопца приведены оценки времен жизни компаунд-состояний и плотностей неразрешенных резонансов при рассеянии быстрых нейтронов, полученных на основе анализа данных измерений зависимости пропускания нейтронов от толщины мишеней.

Дискуссия, возникшая в связи с разными теоретическими подходами к объяснению особенностей временного распределения гамма-квантов, резонансно рассеянных ядрами в мёссбауэровских экспериментах, в докладе В. В. Ломоносова, С. Б. Сазонова и П. Ф. Самарина, с одной стороны, и В. С. Ольховского и Г. А. Прокопца — с другой, привела к полезному обмену мнений. Наметилась интересная возможность дальнейшего развития исследований, заключающаяся в учете эффекта различия кристаллических полей в источнике и рассеивателе, изученного авторами первого доклада, в рамках последовательного квантово-механического подхода к объяснению временного распределения резонансно рассеянных γ -квантов, развитого авторами второго доклада.

Немалое внимание семинар уделил технике измерения длительностей ядерных процессов. Сравнительный анализ всех известных методов измерения ядерных времен менее 10^{-15} с был проведен в докладе Ф. С. Акилова и А. И. Муминова. Здесь были рассмотрены физические принципы, лежащие в основе различных методов, области их применения и возможности этих методов для выяснения механизмов существенно неравновесных процессов.

В докладе С. А. Карамяна рассмотрены новые возможности определения времен жизни высоковозбужденных ядерных состояний, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами, в условиях экстремального воздействия на ядро, таких как высокая удельная энергия возбуждения (на нуклон), большая скорость вращения ядра и предельно высокая напряженность электромагнитного поля. Поскольку времена жизни таких состояний системы сравнимы с характерным временем кинетических перемещений в ней, то это приводит к наблюдаемым эффектам, использование которых позволяет оценить времена жизни в диапазоне 10^{-21} — 10^{-19} с. Полученные таким образом результаты, совместно с известными результатами традиционных методов, позволяют построить систематику длительностей распада ядер в диапазоне 10^{-21} — 10^{-15} с. В докладе показано, что в общих чертах такая систематика соответствует традиционным статистическим расчетам и позволяет уточнить конкретные параметры теории. Во втором докладе С. А. Карамяна была рассмотрена новая экспериментальная возможность применения эффекта теней в монокристаллических мишенях к определению длительности распада возбужденных продуктов реакций неупругих столкновений сложных ядер.

Н. В. Еремин обсуждал сущность методов измерения длительности протекания ядерных реакций в диапазоне 10^{-22} — 10^{-19} с на основе интерференционных явлений в спектрах рентгеновского и тормозного излучений, сопровождающих реакцию. Были представлены имеющиеся в литературе данные по изучению эволюции ядерных систем, полученные с помощью этих методов. Проведено сопоставление результатов измерения резонансных параметров изолированных уровней с результатами фазового анализа и установлена возможность реального уменьшения неоднозначностей фазового анализа с помощью временных измерений. Теоретические аспекты извлечения данных о временах протекания ядерных реакций из измерений интерференционных эффектов при анализе спектров тормозного излучения рассмотрены в докладе В. А. Плюйко.

В докладе Ю. В. Меликова, С. Ю. Платонова, А. Ф. Туликова, О. В. Фотиной и О. А. Юминова были представлены результаты цикла исследований длительности вынужденного деления актинидных ядер с использованием метода теней. В этих исследованиях экспериментально обнаружено новое физическое явление — временная задержка длительности распада по каналу деления возбужденных изотопов $^{235,236,238,239}\text{Np}$, образующихся в реакциях $^{235,238}\text{U}(d, xn\gamma)$ и $^{235,238}\text{U}(p, xn\gamma)$ по сравнению с длительностью распада по любому другому каналу. Анализ временных характеристик распада в рамках модели двугорбого

барьера деления, развитой В. М. Струтинским, позволил получить информацию о плотности состояний во второй потенциальной яме и о параметрах двугорбого барьера. На основе анализа энергетической зависимости поведения плотности уровней во второй потенциальной яме сделан вывод об асимметрии формы изотопов Np при деформациях, соответствующих второй яме. В докладе М. В. Апрелева, Ю. В. Кангрополя и Ю. Г. Кудрявцева представлены результаты измерения с помощью метода K -вакансий времени жизни составного ядра ^{117}Sb с энергией возбуждения 26 МэВ, образующегося в реакции $^{117}In(\alpha, p)^{116}Sn$. Метод использует в качестве эталона времени жизни K_{α} -вакансий и основан на измерении отношений интенсивностей K_{α} -линий конечного ядра ^{116}Sn и составного ^{117}Sb . Большое место в работах семинара было уделено временам жизни возбужденных состояний ядра — технике экспериментов, результатам измерений и их физической интерпретации.

В докладе Д. В. Бугаева, В. И. Когана, В. З. Майдикова, В. П. Пиккуля, Н. К. Скобелева и Н. Т. Суровицкой проанализированы возможности измерения времен жизни ядерных изомерных состояний на основе исследования задержанной автоионизации атомов отдачи, возникающей в результате внутренней конверсии, после вылета их в вакуум.

В докладе П. П. Кабиной, И. А. Кондурова, Ю. Е. Логинова, В. В. Мартынова, С. Л. Сахарова, В. А. Сушкова, Э. И. Федоровой сообщены результаты измерений с помощью метода задержанных $\gamma\gamma$ -совпадений нескольких десятков значений периодов полураспада возбужденных состояний нечетно-нечетных ядер ^{104}Rh , $^{108,110}Ag$, ^{116}In , $^{122,124}Sb$, $^{123,130}I$ и ^{134}Cs . Характерные значения факторов торможения вероятностей переходов — 10^2 – 10^3 для $M1$ - и 10^4 – 10^7 для $E1$ -переходов.

А. Я. Зобов, И. Х. Лемберг и А. А. Пастернак изложили, результаты комплексных исследований структуры переходных ядер с $A=70$ – 110 , выполненных в совместных работах циклотронной лаборатории ФТИ им. А. Ф. Иоффе АН СССР и групп экспериментаторов и теоретиков из ЦИЯИ АН ГДР, ИЯФ ЧС АН, ИЯИ АН УССР, ИЯФ СО АН СССР и ИЯФ АН УзССР. Эти исследования включают установление энергий возбужденных состояний, их квантовых характеристик и времен жизни, а также интерпретацию полученных результатов. В ходе систематических исследований на основе существенно продвинутой методики использования доплеровских эффектов смещения энергии γ -лучей для измерения τ определены многие сотни значений времен жизни возбужденных состояний ядер в диапазоне 10^{-14} – 10^{-8} с. Обширная систематика данных об энергиях возбужденных состояний положительной четности в четно-четных ядрах и их временах жизни, полученная в этих исследованиях, позволила распространить выводы модели взаимодействующих бозонов (МВБ) на коллективные состояния четно-четных ядер с $A < 110$. Новые экспериментальные данные о высокоспиновых состояниях ^{74}Se дали возможность детально сопоставить возможности МВБ и недавно сформулированной альтернативной модели нелинейных колебаний О. К. Ворова и В. Г. Зелевинского.

Систематически изучена структура нечетных ядер ^{79}Kr , ^{83}Rb , ^{85}Sr и ^{99}Ru . Для описания возбужденных состояний положительной четности этих ядер были использованы результаты расчетов, выполненных в рамках новой версии модели взаимодействующих бозонов-фермионов.

В ядре нечетных ядер (изотопах Kr , Rb , Sr , In) изучено явление аномального усиления $M1$ -переходов в квазиротационных полосах, построенных на трехквазичастичных возбуждениях и дана его интерпретация.

В докладе А. Е. Зобова были изложены результаты экспериментальных исследований структуры околomagических ядер ^{84}Kr и ^{85}Kr . Показано, что некоторые высокоспиновые состояния ^{84}Kr чисто квазичастичные состояния. Это следует из g -факторов этих состояний и изомерного

характера переходов из этих состояний. Впервые в области ядер с $A < 100$ в ядре ^{84}Kr идентифицировано четырехквазичастичное состояние.

Вопросы развития техники γ -спектроскопических исследований высокоспиновых состояний, возбуждаемых в реакциях с тяжелыми ионами, на основе использования многодетекторных установок освещены во втором докладе А. Е. Зобова. Новая техника существенно повышает эффективность и селективность регистрации каскадных γ -квантов и обеспечивает оптимальные условия для измерений их энергий и времен жизни возбужденных состояний, в результате распада которых эти γ -кванты испускаются. Наряду с уже работающими установками (HERA, TESSA, NORDBALL и др.) в докладе обсуждались также возможности установок, ввод в строй которых планируется к 2000 г. (GAMMASPHERA, EUROBALL и др.). Использование этих установок позволит осуществить γ -спектроскопические исследования дискретных переходов в совпадениях кратности не менее пяти.

Ряд докладов на семинаре был посвящен теоретической интерпретации результатов экспериментальных исследований структуры ядер, в том числе и приведенных вероятностей электромагнитных переходов, извлекаемых из измерений времен жизни возбужденных состояний.

В докладе О. К. Ворова и В. Г. Зелевинского обсуждались исходные посылки и возможности описания коллективных состояний переходных ядер в рамках предложенной авторами модели нелинейных колебаний. Эта модель, являясь альтернативной к модели взаимодействующих бозонов, не уступает при описании данных эксперимента, в ряде случаев используя меньшее число параметров.

Доклад К. И. Ерохиной, А. Е. Зобова, А. И. Исакова, И. Х. Лемберга и А. С. Мишина был посвящен результатам расчета структуры возбужденных состояний околomagических ядер $^{84,85}\text{Kr}$ в рамках многочастичной теории оболочек. Теория хорошо воспроизводит приведенные вероятности E2-переходов между возбужденными состояниями ^{85}Kr , энергии состояний ^{84}Kr , значения гиромангнитных факторов двух и четырехквазичастичного состояния ^{84}Kr , а также их изомерный характер. В докладе Д. Н. Дойникова, К. И. Ерохиной, А. Д. Ефимова и В. М. Михайлова результаты экспериментальных исследований состояний отрицательной четности четных изотопов Se и Kr сопоставлены с данными расчетов, выполненных в рамках новой микроскопической версии модели взаимодействующих бозонов-фермионов. В докладе А. Д. Ефимова и В. М. Михайлова приведены результаты расчета параметров МВБ на основе микроскопической теории. Впервые получено совместное описание основных параметров гамильтониана и параметра эффективного заряда, определяющего вероятность электрического квадрупольного перехода.

Материалы семинара свидетельствуют об успешном развитии и совершенствовании техники измерений длительностей ядерных реакций в диапазоне $10^{-21} \div 10^{-16}$ с. Это очень важно для лучшего понимания механизмов прямых реакций, глубоконепругих процессов, процессов образования высоковозбужденных ядерных состояний в экстремальных условиях весьма больших удельных энергий возбуждения (на нуклон), скоростей вращения ядра как целого и напряженностей электромагнитного поля, а в некоторых случаях и предравновесных процессов распада составных систем. Прямое подтверждение теоретически предсказанного эффекта появления резонансного максимума длительности одноканального рассеяния, отвечающего минимуму (антирезонансу) сечения в экспериментальных измерениях длительности рассеяния протонов ядрами ^{12}C вблизи энергии 1,686 МэВ методом тормозного излучения позволило выработать планы сотрудничества теоретических и экспериментальных групп в дальнейших исследованиях.

И. Х. Лемберг, В. С. Ольховский