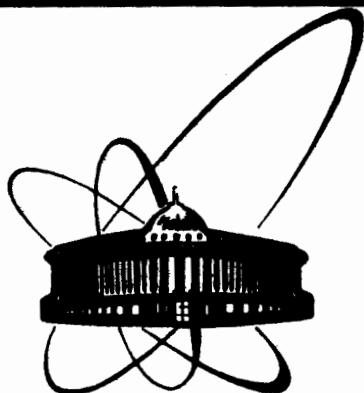


87-770



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P3-87-770

Ю.П.Попов

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННЫХ РЕАКЦИЙ
С ВЫЛЕТОМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
(СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ)**

1987

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных проблем современной физики возбужденных состояний ядер является уточнение и развитие предельной статистической теории, в основу которой положена концепция составного ядра Нильса Бора.

К сожалению, одним из тормозов развития теории высоковозбужденных состояний является недостаточное "качество" существующего экспериментального материала, его сравнительное однообразие. Зная из классической нейтронной спектроскопии только нейтронные и полные радиационные ширины, трудно надеяться на более адекватное описание свойств нейтронных резонансов, чем это делает предельная статистическая теория. Поэтому весьма актуально изучение возможно большего числа параметров нейтронных резонансов, т.е. необходимо переходить к изучению новых, более редких каналов распада составных ядер, образующихся после захвата нейтронов. И в связи с этим исследования реакций (n, p) и (n, α) на резонансных и быстрых нейтронах представляют несомненный интерес. Здесь информацию о распадающихся состояниях и о самом механизме распада несут не только полные, но и парциальные протонные и α -ширины (рис. 1).

Изучение спектров вторичных частиц (γ -квантов, протонов или α -частиц) в нейтронных реакциях создает своеобразный "мост" между нейтронной физикой и ядерной спектроскопией. Этот "мост" позволяет, с одной стороны, получить сведения о низковозбужденных состояниях, изучением которых занимается ядерная спектроскопия, а с другой — выяснить возможности использования ряда теоретических моделей и подходов, распространенных в ядерной спектроскопии, для лучшего понимания природы компаунд-состояний.

Несомненный интерес представляет и попытка изучить процесс усложнения состояний по мере повышения энергии возбуждения — переход от "регулярности", порядка к "хаосу".

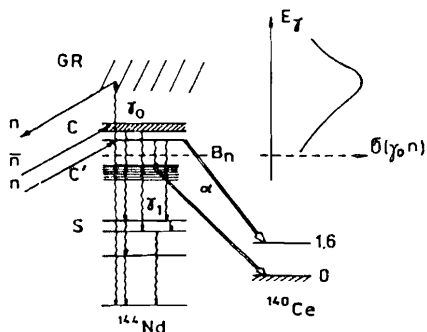


Рис. 1. Схема возбуждения компаунд-состояний ядра ^{144}Nd и каналов их распада.

К сожалению, сечения реакций с вылетом протонов и α -частиц на средних и тяжелых ядрах существенно подавлены из-за большого кулоновского барьера. Поэтому их изучение требует мощных источников нейтронов, специальных детекторов (работающих с образцами, толщина которых значительно меньше пробега протона или α -частицы в веществе), оно стало проводиться лишь в последние полтора-два десятилетия. Лаборатория нейтронной физики является пионером в исследованиях реакции (n, α) на резонансных нейтронах, удерживая в этом направлении ведущее положение почти два десятка лет^{/1/}.

Другой возможностью уменьшения влияния кулоновского барьера является повышение энергии захватываемого нейтрона. Возможность подняться вверх по энергии возбуждения еще на $5 \div 10$ МэВ, используя потоки быстрых нейтронов, открывает интересную перспективу проследить, как в ядре происходит переход сложных компаунд-состояний в такие типы коллективного возбуждения, как гигантские мультипольные резонансы. Что это — возвращение от "хаоса" к новому "порядку"?

АЛЬФА-РАСПАД КОМПАУНД-ЯДЕР

Четверть века назад к поискам реакции (n, α) на тепловых нейтронах обратился довольно широкий круг исследователей, однако их физические результаты оказались довольно скромными — была получена случайная выборка α -ширин для одного или нескольких (с неизвестными весами) резонансов. Правда, В.Н.Андреев и С.М.Сироткин^{/2/}, анализируя результаты своих поисков реакции (n, α) на ряде ядер, пришли к выводу о том, что обычная одночастичная модель α -распада здесь неприемлема, по-видимому, α -распад компаунд-ядер подчиняется статистической модели. Количественное подтверждение это предположение получило вскоре, когда в Дубне провели первые исследования реакции (n, α) на резонансных нейтронах и впервые определили средние по резонансам значения α -ширин, с которыми оперирует статистическая теория.

Наличие светосильного нейтронного спектрометра по времени пролета на базе импульсного реактора ИБР и создание оригинальных высокоэффективных детекторов и спектрометров α -частиц с рабочей площадью мишеней $10^3 \div 10^4$ см² позволило в 1966 г. получить первые результаты по измерению полных α -ширин нейтронных резонансов (^{147}Sm и ^{149}Sm ^{/3/}), а через пару лет впервые измерить спектры α -частиц в отдельных резонансах (^{147}Sm ^{/4/}).

В дальнейшем круг исследованных в ЛНФ ядер постоянно расширялся. В реакции (n, α) были изучены нейтронные резонансы изотопов неодима^{/5/} и ряда деформированных ядер^{/6/}. Был обнаружен и исследован α -распад компаунд-состояний в новой области ядер с $60 \leq A \leq 125$ ^{/7/}, где явление α -распада было вообще неизвестно. Результаты первого этапа исследований реакции (n, α) на резонансных нейтронах приведены в обзоре^{/8/}.

В других лабораториях систематических исследований реакции (n, α) на резонансных нейтронах не ведется, хотя появляются отдельные работы^{/9, 10/}. По-видимому, это объясняется тем фактом, что последнее время нейтронная спектрометрия по времени пролета развивалась по пути повышения разрешающей способности, и современные нейтронные спектрометры, превосходя спектрометр на базе ИБР-30 по энергетическому разрешению, проигрывают ему по светосиле в области резонансных нейтронов. Кроме того, "медленный" нейтронный спектрометр ЛНФ ОИЯИ позволяет использовать и "медленные" спектрометры и детекторы α -частиц (ионизационные и пропорциональные камеры) с большими площадями мишеней.

В результате измерений были получены α -ширины распада около двухсот состояний почти двух десятков ядер. Анализ их показал, что флуктуации парциальных α -ширин подчиняются распределению Портера—Томаса, т.е. χ -квадрат распределению с числом степеней свободы $\nu = 1$, а для полных α -ширин необходимо использовать $\nu_{\text{эф}} \geq 1$ ^{/11/}, учитывающее конкуренцию различных каналов α -распада компаунд-состояний.

На рис. 2 для широкого круга ядер представлены отношения средних значений экспериментальных ширин к рассчитанным с использованием параметров кластерной модели α -распада С.Г.Кадменского и

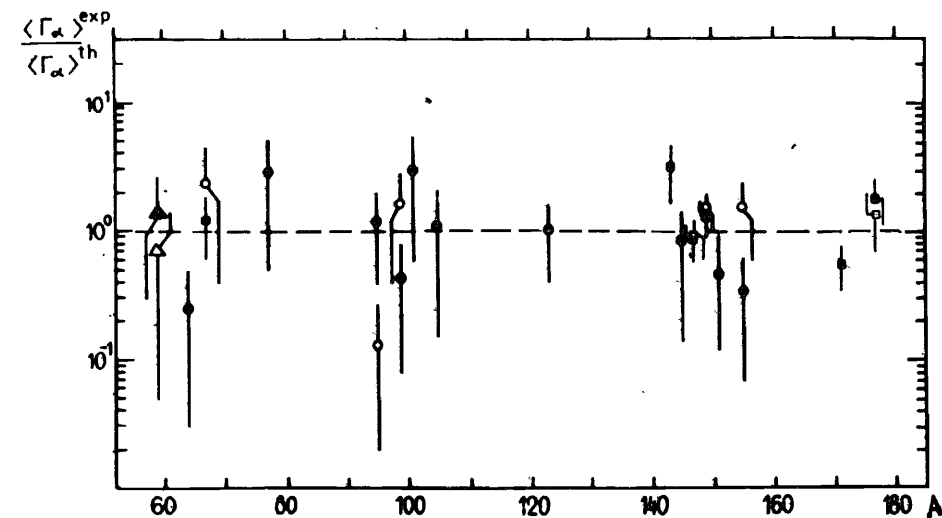


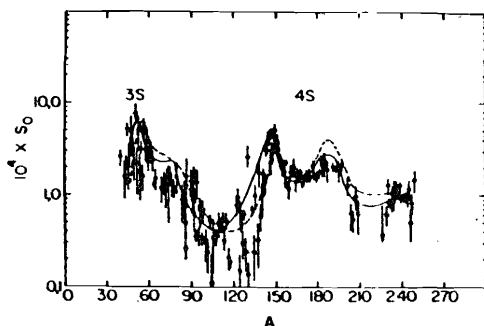
Рис. 2. Зависимость от атомного веса отношения экспериментальных значений полных α -ширин (усредненных для каждого ядра по резонансам с определенным значением стина) к средним α -ширинам, рассчитанным по кластерной модели.

В.И.Фурмана /12/. За исключением данных для $^{59}\text{Ni}^{9/}$ (треугольники) остальные экспериментальные результаты получены в ЛНФ ОИЯИ. Здесь кружками и точками показаны результаты, усредненные отдельно по резонансам со спинами $1 + 1/2$ и $1 - 1/2$, где 1 — спин ядра мишени. Ошибки отдельных точек обусловлены главным образом малым числом резонансов, по которым проводилось усреднение экспериментальных данных. Удовлетворительное согласие экспериментальных и теоретических данных, иллюстрируемое рис. 2, говорит как о справедливости статистического описания средних вероятностей α -распада компаунд-состояний ядер (постоянство отношений), так и об удовлетворительной параметризации с помощью кластерной модели (близость отношений к единице).

Представленные на рис. 2 отношения α -ширин с точностью до множителя совпадают с α -частичной силовой функцией для "черного" ядра. Если сравнить поведение в зависимости от атомного веса ядра силовой функции α -распада нейтронных резонансов с аналогичной зависимостью нейтронной силовой функции (рис. 3 /13/), то можно заметить существенную разницу, обусловленную тем, что для нейтронов данных энергий ядро является полупрозрачным, и в дополнение к статистическому подходу здесь надо использовать оптическую модель ядра (см. теоретические кривые на рис. 3). Другими словами, рис. 2 и 3 показывают, что одночастичные нейтронные компоненты волновой функции еще не полностью фрагментированы по компаунд-состояниям вблизи энергии связи нуклона, в то время как двухквaziчастичные, четырехквaziчастичные и типа "две квазичастицы плюс фон" волновые функции (определяющие α -распад в основном состоянии ядра /14/) при тех же энергиях возбуждения фрагментированы значительно сильнее.

Информация о силовых функциях α -частиц позволила провести отбор среди различных моделей, претендующих на описание α -распада компаунд-ядер /15/. Кроме того, ее с успехом можно использовать для анализа такого явления, как испускание задержанных α -частиц, сопровождающих β -распад нейтрондефицитных изотопов тяжелых ядер /15/, а также получения оригинальной информации об общих свойствах γ -переходов между двумя компаунд-состояниями из анализа спектров α -частиц в двухступенчатой реакции (n, γ, α) /16, 17/.

Рис. 3. Зависимость от атомного веса s -волновых нейтронных силовых функций. Кривые — расчет по оптической модели с разными параметрами потенциала.



ПРОТОННЫЙ РАСПАД КОМПАУНД-ЯДЕР

Испускание протонов в реакциях с медленными нейтронами оказывается довольно редким явлением, поскольку для стабильных ядер энергии связи нейтронов и протонов оказываются близкими и $Q(n, p) \leq 1$ МэВ, т.е. протонный распад нейтронных резонансов существенно подавлен кулоновским барьером. Поэтому имеется весьма ограниченная информация о протонном канале распада компаунд-ядер: реакция (n, p) на резонансных нейтронах была исследована лишь на 3-4 стабильных ядрах.

В то же время такая информация очень интересна. Для краткости ограничимся лишь перечислением интересных проблем:

- протонный распад индивидуальных состояний при энергиях возбуждения ~ 10 МэВ;
- оптический потенциал для протонов малых энергий;
- протонные силовые функции для разных орбитальных моментов;
- фрагментация протонных оболочек;
- поиски "остатков" изотопической инвариантности в легких и средних ядрах;
- роль реакции (n, p) в нуклеосинтезе легких и средних ядер.

Одним из перспективных направлений изучения протонного канала распада компаунд-ядер является переход к использованию радиоактивных нейтрондефицитных ядер-мишеней. Это приводит к заметной разнице в энергиях связи нейтрона и протона и позволяет для довольно широкого круга ядер иметь $Q(n, p)$ порядка нескольких МэВ, следовательно, проницаемости барьера, приемлемые для измерений на светосильных нейтронных установках.

В Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ несколько лет назад начались систематические исследования такого рода. По методу времени пролета на пучках резонансных нейтронов ИБР-30 проведены измерения реакции (n, p) на ядрах-мишенях ^{22}Na ($T_{1/2} = 2,6$ лет) /18/ и ^{36}Cl ($T_{1/2} = 3,0 \cdot 10^5$ лет) /19/, в результате чего на этих ядрах обнаружены первые нейтронные резонансы (см. рис. 4 для ^{36}Cl) и получены их параметры. На ядрах-мишенях ^7Be ($T_{1/2} = 53$ дня) /20/ и ^{40}K ($T_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9$ лет) /21/ установлено, что ход сечения реакции (n, p) в области энергий ниже 100 эВ подчиняется закону $1/\nu$. Заметим, что рис. 4 хорошо иллюстрирует преимущество двумерного анализа нейтронных резонансов с регистрацией энергии протонов. Это позволяет не только снизить фон, но и четко идентифицировать резонансы по их изотопной принадлежности, даже если содержание изотопов отличается на два порядка, как это имело место в образце ^{36}Cl .

Не имея возможности подробно останавливаться на полученных результатах, отметим, что проведенные измерения позволяют сделать сопоставление (иногда — уточнение) шкал энергий возбуждения компаунд-ядер, полученных в разных реакциях, идентифицируя состояния по какому-либо параметру, например I_p / I_{p0} , в случае составного ядра, $^{23}\text{Na}^{8/}$.

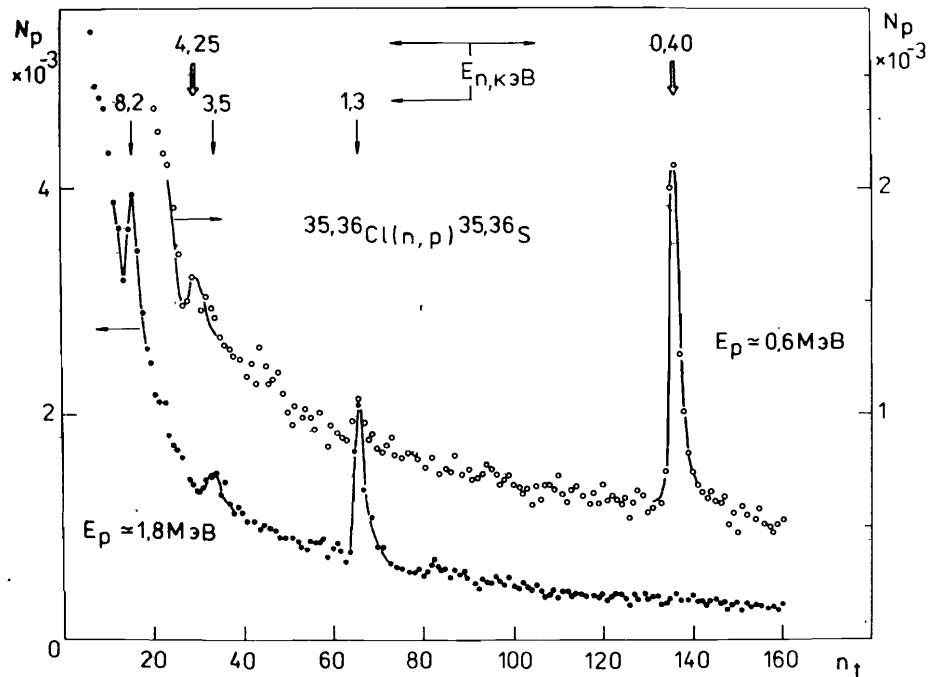


Рис. 4. Экспериментальный выход протонов в реакциях $^{35,36}\text{Cl}(n,p)^{35,36}\text{S}$ ($E_p = 1,8 \text{ МэВ}$) и $^{35}\text{Cl}(n,p)^{35}\text{S}$ ($E_p = 0,6 \text{ МэВ}$) в зависимости от времени пролета нейтронов. Цифры у стрелок – энергии обнаруженных резонансов.

Последние годы большой интерес в нейтронной физике (да и ядерной вообще) проявляется к эффектам несохранения четности в ядерных взаимодействиях. Эти эффекты, обнаруженные впервые на тепловых нейтронах в реакции (n, γ) , исследовались затем в измерениях полных нейтронных сечений, в реакциях (n, γ) и деления ^{235}U . Однако попытки обнаружить нарушение пространственной четности в реакциях с вылетом α -частиц и протонов не давали положительных результатов.

Совместно с группой ЛИЯФ АН СССР мы предприняли новую попытку обнаружить эффект несохранения четности в реакции с вылетом протона — $^{35}\text{Cl}(n,p)^{35}\text{S}$ на пучке тепловых поляризованных нейтронов реактора ЛИЯФ АН СССР ^{235}U . Была создана аппаратура, которая позволяла надежно регистрировать эффекты асимметрии вылета протонов с энергией 0,6 МэВ на уровне $\sim 10^{-5}$ от сечения испускания протонов. В результате измерений был впервые зарегистрирован эффект P-четной корреляции вылета протона относительно спина нейтрона $a_{np} \sim -(\vec{\sigma}_n \cdot \vec{p}_p)$, а также определена лево-правая асимметрия $a_{np}^{\pi} \sim \vec{q}_n \cdot [\vec{p}_n, \vec{p}_p]$ —

новые характеристики нейтронных резонансов. После соответствующих поправок были получены следующие значения: $a_{np} = -(1,51 \pm 0,34) \cdot 10^{-4}$ и $a_{np}^{\pi} = -(2,40 \pm 0,43) \cdot 10^{-4} / 23$. Анализ этих результатов дает оценку матричного элемента для взаимодействия, не сохраняющего четность: $W_{np} = 0,06 \text{ эВ}$. Это значение почти на два порядка выше оценок W , полученных в измерениях пропускания и реакции (n, γ) на тяжелых ядрах. Интересным представляется и тот факт, что полученное значение W_{np} достигает величины одночастичной оценки матричного элемента, ответственного за несохранение пространственной четности в нуклон-нуклонных взаимодействиях.

Не исключено, что такое положение дел сместит акценты в изучении эффектов нарушения пространственной четности в область легких ядер, где заметную роль могут играть реакции с вылетом заряженных частиц, эффективность регистрации которых значительно выше, чем для γ -квантов. А это в свою очередь поднимет интерес к результатам исследований параметров нейтронных резонансов в реакциях (n, p) и (n, α) .

Исследования реакции (n, p) на резонансных и тепловых нейтронах показали, что для ряда даже сравнительно сложных ядер ($A \sim 20 \div 40$) протонный канал распада компаунд-состояний дает весьма заметный вклад. В связи с этим в работе 24 было высказано предположение о существенной роли реакции (n, p) в нуклеосинтезе, в частности, при взрывах сверхновых звезд. Как показали проведенные в работе 24 расчеты, при взрывах сверхновых звезд на ядрах ^{22}Na и ^{36}Cl реакции (n, p) должны значительно превалировать над естественным β -распадом этих ядер. Этим можно объяснить неудачу поисков аномалии в распределении изотопа ^{36}Ar в метеоритах, которая ожидалась в предположении β -распада ^{36}Cl .

Большие значения резонансных интегралов в реакции (n, p) для нейтронодефицитных ядер говорят о существенном значении знания параметров реакции (n, p) для веществ, входящих в состав конструкционных и делящихся материалов ядерных и термоядерных реакторов (см., например, 25), поскольку испускание протонов приводит к накоплению водорода, а следовательно, к дополнительному охрупчиванию конструкционных материалов.

Таковы первые результаты изучения нового (протонного) канала распада нейтронных резонансов.

РЕАКЦИИ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ

Наряду с исследованием характеристик распада индивидуальных компаунд-состояний по отдельным каналам широко используются и квазимонохроматические пучки фильтрованных нейтронов, позволяющие измерять параметры распада, усредненные по большому числу начальных состояний, т.е. те, которые может предсказать статистическая теория. Ме-

год имеет и то преимущество, что существенно уменьшает ошибку определения средних параметров, обусловленную усреднением по малому числу резонансов ^{/26, 27/}.

Использование пучков нейтронов с энергией в несколько МэВ позволяет не только получить хорошее усреднение по начальным состояниям, но и на несколько порядков повысить, по сравнению с резонансными нейтронами, проникаемость кулоновского барьера ядра для реакций типа (n, p) и (n, α) , а также проследить изменение характеристик распада с увеличением энергии возбуждения ядра по мере приближения к области гигантских мультипольных резонансов.

Эксперименты в этой области позволяют изучить вклад и роль прямых реакций. Правда, для их надежного разделения с процессами, идущими через компаунд-ядро, необходимы многопараметрические исследования. В этом случае широко используемый активационный метод оказывается недостаточным. Необходимо развивать методы прямой регистрации и спектрометрии вылетающих частиц на пучке быстрых нейтронов. Новая методика, хотя и не столь проста, как активационная, уже используется в ряде лабораторий. Так, в работе Флорека и др. ^{/28/} были измерены спектры α -частиц в реакциях $^{95}\text{Mo} (n, \alpha)$ и $^{143}\text{Nd} (n, \alpha)$ при энергии нейтронов 3 МэВ. Здесь в качестве спектрометра α -частиц использовался гибридный из газовой пропорциональной dE/dx камеры, эквивалентной 1 мкм кремния, и поверхностно-барьерного Si (Au)-детектора (рис. 5). Известны исследования спектров α -частиц в реакциях с нейтронами 14–18 МэВ польской группы ^{/29/}, продемонстрировавшие основную роль прямых и полупрямых процессов в объяснении жесткой части спектров α -частиц при облучении нейтронами ядер редкоземельной области.

В изучении спектров заряженных частиц, вылетающих после захвата быстрых нейтронов, перспективной может оказаться ионизационная камера с двумя сетками, позволяющая проводить идентифи-

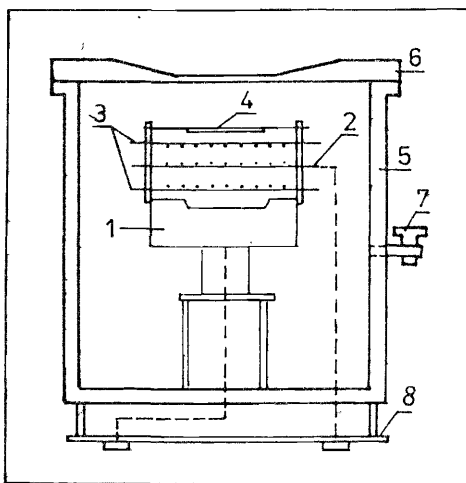


Рис. 5. Схема "гибридного" телескопа, состоящего из тонкого газового пропорционального счетчика и полупроводникового спектрометра. 1 - кремниевый детектор, 2 и 3 - проволочные анод и катод пропорционального счетчика, 4 - мишень, 5 - вакуумный кожух с крышкой (6), 7 - фланец насоса, 8 - изолятор.

кацию и спектрометрию низкоэнергетических заряженных частиц с близкой энергией, но различными значениями произведения их массы на заряд ^{/30/}. Специальная схема отбора совпадающих импульсов обеспечивает надежную идентификацию и существенное улучшение соотношения эффекта и фона, а также позволяет иметь площадь детектора на порядок или два больше, чем в случае полупроводникового телескопа, правда, проигрывая последнему в энергетическом разрешении. Возможность изменения давления газа в новом спектрометре обеспечивает гибкую настройку на оптимальные параметры для регистрации частиц данного сорта и энергии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейший процесс в исследованиях редких каналов распада компаунд-ядер с вылетом заряженных частиц, видимо, будет связан с развитием техники светосильной нейтронной спектроскопии. В пользу этого говорит многолетний опыт работы сектора редких реакций в ЛНФ ОИЯИ, а также недавно начавшиеся исследования на новом нейтронном спектрометре с рекордной светосилой на базе накопительного протонного кольца мезонной фабрики в Лос-Аламосе ^{/31/}. Хорошие перспективы откроются и после запуска Московской мезонной фабрики, где для экспериментаторов появится возможность развития нейтронной спектрометрии на ядрах, удаленных от полосы β -стабильности. Особенно привлекательным представляется использование нейтронодефицитных ядер в качестве мишеней. Расчеты показывают, что будет существенно расширен круг атомных ядер, на которых можно исследовать реакции (n, p) и (n, α) .

Кроме того, представляются перспективными поиски не наблюдавшихся до сих пор реакций с вылетом частиц, более сложных, чем α -частица. Это становится актуальным в связи с обнаружением нового типа естественной радиоактивности с испусканием ядер $^{14}\text{C}^{32/}$ и ряда других.

Развитие техники спектроскопии на быстрых нейтронах не только существенно расширит возможности в изучении реакций с вылетом заряженных частиц, но и позволит получить новую информацию о вкладах различных механизмов ядерных реакций (прямые, полупрямые, идущие через составное ядро и т.д.), а также удовлетворить растущие в этой области энергии нейтронов потребности ядерной и термоядерной энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пикельнер Л.Б., Попов Ю.П., Шарпов Э.И. - УФН, 1982, т.137, с.39.
2. Андреев В.Н., Сироткин С.М. - ЯФ, 1965, т.1, с.252.
3. Kvitek J., Popov Yu.P. - Phys.Lett., 1966, v.22, p.186.

4. Попов Ю.П., Стэмпиньски М. – Письма в ЖЭТФ, 1966, т.7, с.126.
5. Kvitek J., Popov Yu.P. – Nucl.Phys., 1970, A154, p.177.
6. Балабанов Н. и др. – ЯФ, 1978, т.28, с.1148.
7. Антонов А. и др. – ЯФ, 1978, т.27, с.18.
8. Попов Ю.П. – ЭЧАЯ, 1972, т.2, в.4, с.925.
9. Harvey J.A. Intern.Conf. on the Interactions of Neutron with Nuclei Lowell, USA, 1976.
10. Weigmann N. et al. – Nucl.Phys., 1981, A368, p.117.
11. Popov Yu.P. et al. – Acta Phys.Polon., 1973, B4, p.275.
12. Кадменский С.Г., Фурман В.И. – ЭЧАЯ, 1975, т.6, с.469.
13. Mughabghab S.F. In: "Neutron Cross Sections", v.1, part B, Academic Press.N.Y., 1984.
14. Соловьев В.Г. – ЯФ, 1971, т.13, с.48.
15. Попов Ю.П., Фурман В.И. В сб.: III Международная Школа по нейтронной физике, ОИЯИ, ДЗ-11787, Дубна, 1978, с.390.
16. Попов Ю.П. – ЭЧАЯ, 1982, т.13, в.6, с.1165.
17. Втюриц В.А., Попов Ю.П. Сообщение ОИЯИ, P3-82-309, Дубна, 1982.
18. Gledenov Yu.M. et al. – Z.Phys.A, 1982, v.308, p.57.
19. Gledenov Yu.M. et al. – Z.Phys., 1985, v.322, p.685.
20. Гледенов Ю.М. и др. Краткие сообщения ОИЯИ №17-86, Дубна, 1986, с.36.
21. Гледенов Ю.М. и др. Сообщение ОИЯИ, P3-85-275, Дубна, 1985.
22. Крупчицкий П.А. Фундаментальные исследования с поляризованными медленными нейтронами. М.: Энергоиздат, 1985.
23. Антонов А. и др. – Письма в ЖЭТФ, 1984, т.40, в.5, с.209.
24. Попов Ю.П., Риголь Х. Сообщение ОИЯИ, P15-85-497, Дубна, 1985.
25. Wagemans C. In: "Neutron Induced Reactions", VEDA, Bratislava, 1986, p.344-362.
26. Simpson D.D., Miller L.G. – Nucl.Inst.Meth., 1986, v.1, p.245.
27. Вертебный В.П. В сб.: IV Международная школа по нейтронной физике, сб.лекций. ОИЯИ, ДЗ,4-82-704, Дубна, 1982, с.66.
28. Florek M. et al. In: "Neutron Induced Reactions", VEDA, Bratislava, 1986, p.68.
29. Glowacka L. et al. – Nucl.Phys., 1976, A262, p.205.
30. Гледенов Ю.М. и др. Препринт ОИЯИ, 13-87-150, Дубна, 1987.
31. Koehler P.E. et al. – Bull.Am.Phys.Soc., 1986, v.31, p.854.
32. Rose H.J., Jones G.A. – Nature, 1984, v.307, p.247.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 октября 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984./2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Попов Ю.П.

P3-87-770

Исследование нейтронных реакций с вылетом заряженных частиц (состояние и перспективы)

Приводятся основные результаты, полученные при исследовании реакции (n, α) и (n, p) на резонансных нейтронах. Показано, что при энергии связи нейтрона фрагментация четырехчастичных состояний оказывается значительно более полной, чем одночастичных. Отмечена роль реакции (n, p) в исследованиях вопросов несохранения четности и в астрофизике. Рассматриваются пути расширения исследования реакций (n, α) и (n, p) на резонансных и быстрых нейтронах.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод автора

Popov Yu.P.

P3-87-770

Investigation of Neutron Reactions Followed by Charged Particle Emission (Status and Perspectives)

The main results of the (n, α) and (n, p) reactions investigations on resonance neutrons has been considered in the report. It has been shown that near the binding energy of the nucleon the fragmentation of four quasiparticle states is considerably more complete than that of single particle ones. The role of (n, p) reaction in parity nonconservation research and nuclear synthesis applications has been discussed. The ways of extension of (n, α) and (n, p) reactions investigations in the resonance and fast neutrons region are discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987