

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P7-84-590

А.Г.Артюх

ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
И ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ ТЯЖЕЛЫХ ИЗОТОПОВ
ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С $Z < 30$
НА ПУЧКАХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Направлено на Всесоюзную школу-семинар
по физике тяжелых ионов, Ужгород, сентябрь, 1984 г.

1984

I. ВВЕДЕНИЕ

Интерес к проблеме получения и исследования свойств обширной области нейтроноизбыточных нуклидов легкой или примыкающих по массе к легкой группе осколков деления ($Z < 30$, рис.1) обусловлен актуальностью исследований важнейших фундаментальных аспектов ядерной физики, изучение которых стало доступным в последние годы благодаря появлению интенсивных пучков ускоренных ядер легких и средних масс.

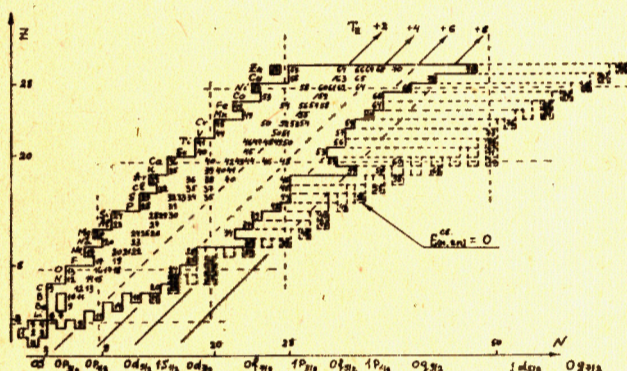
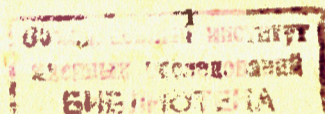


Рис.1. Карта изотопов элементов с $Z \leq 30$. Вертикальными и горизонтальными штрихованными линиями показаны замкнутые оболочки. Сплошными линиями отмечена область известных изотопов. Там же цифрами указаны массовые числа известных нейтронодефицитных (слева), стабильных (в средней части) и нейтроноизбыточных (справа) изотопов. Граница ядерной устойчивости указана штрихованной линией. Цифрами в квадратах показаны предсказываемые Гарвеем и Кельсоном последние нуклоустойчивые сверхтяжелые изотопы (условие $E^{c.e.}_{n, 2n} = 0$).

Теоретический и экспериментальный интерес вызывают следующие ядерно-физические исследования /1+25/:

- 1) проблема границы нуклонной устойчивости ядер в экстремальных по N/Z состояниях и физические следствия для теории ядерной материи, которые вытекают из ее локализации и протяженности на карте изотопов;
- 2) проверка и выбор наиболее реалистического варианта массовых формул для легких ядер;
- 3) проверка роли различных членов в нуклон-нуклонном потенциале и выбор его наиболее реалистического варианта;
- 4) новые возможности в изучении высоковозбужденных состояний ядер (энергиях возбуждения выше энергии сепарации нуклонов);
- 5) новые типы распада (запаздывающий двунейтронный и более рас-



пад, запаздывающий d -распад и развал на заряженные кластеры, прямая эмиссия нейтронов из изомерного состояния и т.д.);

6) новые заполненные оболочки в области легких ядер, новые области деформаций и существование принципиально новых форм ядер (тороидальных, мультикластерных и т.д.);

7) новые состояния ядерной материи (существование связанного состояния нейтронов в ядерной капле с $A=N$, существование ядер с плотностями $\rho < \rho_{\text{норм}}$);

8) углубление понимания процессов нуклеосинтеза во Вселенной.

Характерными особенностями ядер с большим избытком нейтронов являются:

- устойчивость ядер к испусканию нуклонов (нуклиды ядерно-устойчивы, но β -радиоактивны);
- малые энергии связи нейтрона или двух нейтронов (менее или порядка МэВ);
- усиление эффекта спаривания нейтронов по мере приближения к границе устойчивости;
- заселение избыточными нейтронами подоболочек с высокими значениями орбитального момента;
- высокие значения изотопического спина;
- короткие времена жизни (миллисекунды и выше, рис.2);
- высокая энергия β -распада.

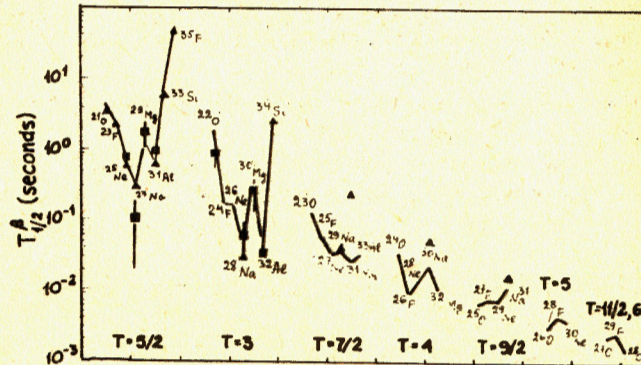


Рис.2. Периоды полураспада β -радиоактивных изотопов $S-d$ оболочки в зависимости от изотопического спина $|25|$.

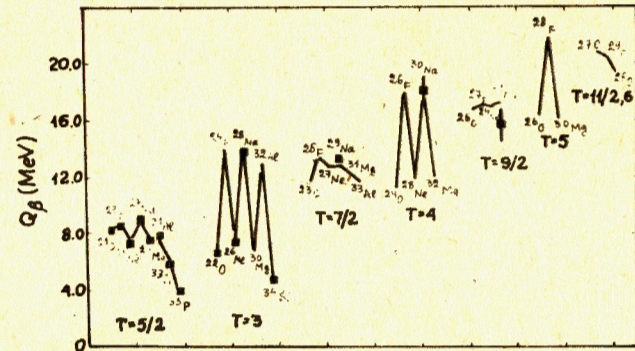


Рис.3. Энергия β -распада изотопов $S-d$ оболочки в зависимости от изотопического спина $|25|$.

Энергия β -распада увеличивается по мере удаления от области стабильных ядер и вблизи границы устойчивости величина Q_{β} , которая определяется разностью масс соседних ядер-изобар, достигает десятков МэВ (рис.3). В таком широком энергетическом окне открываются новые каналы распада и, следовательно, становится возможным β -задержанная эмиссия одного и более нейтронов, вылет d -частиц или развал на несколько заряженных кластеров.

Заселение избыточными нейтронами более высоких по ℓ орбиталей может приводить не только к образованию изомерных состояний в легкой области ядер, но и к существенной задержке ядерного распада с эмиссией нейтронов за счет сдерживающего центрального барьера. Время жизни экзотического ядра относительно нуклонного распада в этом случае может достигать или превосходить $T_{1/2} \beta$ -распада. Таким образом, граница стабильности ядер, доступная для экспериментального исследования, может иметь более сложную структуру и существенно отличаться от предсказаний, базирующихся на условии $E_{n,2n}^{cb} = 0$ (рис.1).

Учитывая экстремальные характеристики ядер с аномальным отношением N/Z , можно сформулировать следующие требования к тем ядерным процессам, в которых их можно надеяться получить:

- используемые ядерные реакции должны обеспечивать максимально широкие массовые распределения продуктов в исследуемой области элементов;
- достаточные сечения образования тяжелых и сверхтяжелых изотопов;
- в синтезируемых слабосвязанных изотопах должна конденсироваться минимально допустимая энергия возбуждения (для ослабления деструктивной роли испарительных процессов).

В настоящее время наиболее перспективными с точки зрения синтеза тяжелых изотопов легких элементов (ТИЛЭ) являются реакции фрагментации налетающих частиц, ускоренных до энергий в несколько десятков и сотни МэВ на нуклон /26+38/.

В области энергий тяжелых ионов 10 МэВ/нуклон и ниже более предпочтительными являются глубоконеупругие взаимодействия сильно асимметричных комбинаций сталкивающихся ядер /39+45/.

§ 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Относительно малые сечения образования изотопов с высокими значениями N/Z (от единиц до десятков N/Z), короткие времена жизни (миллисекунды) и относительно широкий угловой разброс их при вылете из мишени являются основными факторами, которые должны учитываться при выборе и разработке эффективной методики детектирования и изучения свойств этих экзотических ядер. Проблемой является также извлечение этих ядер из мощного потока упруго рассеянных тяжелых ионов (килобарны и более), продуктов малонуклонных передач (сотни миллибарн) и особенно пучка бомбардирующих частиц при работе установки под нулем градусов. Следовательно, методика должна обеспечивать в первую очередь, высокую очистку синтезированных изотопов от пучка и продуктов упруго и неупруго рассеянных частиц, селективность продуктов по массе A и атомному номеру Z , быть быстродействующей, обладать достаточной светосилой, а также обеспечивать измерение исследуемых характеристик распада.

Наиболее полно перечисленным требованиям удовлетворяют установки, содержащие масс-сепараторы с техникой γ , β и n -спектроскопии и многоступенчатые магнитно-электростатические масс-спектрометры, оснащенные комплексом измерительно-вычислительной аппаратуры /46+62/.

Основным недостатком масс-сепараторов является их недостаточное быстродействие (несколько десятков и более миллисекунд). Затылка времени Δt складывается, в основном, из времени дрейфа продуктов из мишени в источник, ионизации, извлечения из источника и пролета до фокальной плоскости. Неопределенности в Δt приводят к потере временной корреляции между моментами образования продукта в мишени и доставки его к детектору и тем самым исключается возможность постановки корреляционных экспериментов с целью определения γ -каскада возбужденного ядра или совпадения γ -частица. Кроме того, эффективность дрейфа из мишени и процесс ионизации сильно зависят от химических свойств анализируемых продуктов. Это приводит к заметному различию в выходах из источника различных элементов, что существенно ограничивает диапазон их исследований и делает практически невозможным определение аб-

солютных сечений образования продуктов в изучаемой реакции. В процессе термализации и транспорта теряется также вся информация о механизме образования фрагментов (энергия, угол вылета, поляризация).

В варианте масс-спектрометра главными проблемами являются эффективность сбора продуктов и очистка их от интенсивного фона и упруго рассеянных ионов. Конкурентоспособность масс-спектрометров существенно возрастает, когда в качестве метода синтеза используются тяжелые ионы с энергией в десятки и более МэВ на нуклон. В настоящее время экспериментально установлено, что в промежуточной области энергий основным процессом образования экзотических ядер являются реакции фрагментации бомбардирующей частицы. В этих реакциях продукты фокусируются в узкий конус (несколько градусов) в направлении пучка и, следовательно, представляется уникальная возможность высокоэффективного сбора продуктов масс-спектрометрами с относительно малой светосилой. Используя многоступенчатую магнитно-электростатическую конфигурацию масс-спектрометра, можно также обеспечить и достаточную степень очистки фрагментов от "фоновых" частиц.

Ценнейшими качествами масс-спектрометров являются возможности сохранения всех кинематических характеристик фрагментов в процессе их анализа и достижение высокого энергетического разрешения. Эти свойства делают масс-спектрометры незаменимыми приборами в исследованиях механизма взаимодействия сложных ядер, в изучении тонкой структуры спектров распада возбужденных ядерных состояний, измерении масс ядер, постановке корреляционных γ - γ и γ -частиц экспериментов или в качестве высокоэффективной системы сбора и транспорта, очищенных пучков радиоактивных ядер, которые можно затем использовать как вторичные пучки экзотических бомбардирующих частиц.

В высокочувствительной методике, представляющей собой многоступенчатую систему очистки, важнейшим элементом является детектирующая система. В оптимальном варианте детектирующая система должна не только с высокой эффективностью регистрировать продукты, но и представлять следующую и окончательную ступень селекции их от физического фона "мешающих" продуктов реакции или вторичных частиц распада. Эти требования реализуются в многопараметровых корреляционных установках. В методиках, ориентированных на исследование новых типов распада короткоживущих экзотических ядер с малыми сечениями образования, актуальным становится использование гибридных детектирующих систем, которые могли бы не только выполнять функции надежной идентификации по A и Z , но и позволяли бы одновременно измерять характеристики вторичных частиц распада (γ, β, n или заряженных частиц) /11, 19, 65, 66/.

§ 3. ПОЛУЧЕНИЕ ЯДЕР С АНОМАЛЬНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ N/Z

а) СИНТЕЗ ИЗОТОПОВ В РЕАКЦИЯХ С ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ ПРИ НИЗКИХ ЭНЕРГИЯХ

Перспективность реакций с тяжелыми ионами при низких энергиях (≤ 10 МэВ/нуклон) как метода синтеза ТИЭ была продемонстрирована в ряде работ /39+45/. Было показано, что основным механизмом образования ядер с аномальным отношением N/Z является глубококонепругие взаимодействия сложных ядер. В этом типе бинарной и равновесной (по энергии возбуждения) реакции эффективно реализуется глубокая перестройка ядер по массе и заряду. Образующиеся продукты характеризуются широким спектром кинетических энергий (ширина $\sim 30-40$ МэВ) с максимумом вблизи кулоновского барьера выходного канала, угловым распределением, медленно возрастающим в переднем направлении, заметными сечениями образования и широкой дисперсией изотопных распределений (десятки единиц по массе). Дисперсию массовых распределений можно увеличить, если в качестве взаимодействующих партнеров во входном канале выбрать наиболее нейтроноизбыточные ядра. Выбор максимально возможной асимметрии во входном канале позволяет получать относительно холодные нейтроноизбыточные ядра легких элементов.

Учитывая плавный характер угловых распределений продуктов, целесообразнее спектрометр устанавливать под углом касательных столкновений или несколько большим ($\theta \geq \theta_{gr.}$). В этом случае эффективность сбора несколько уменьшается, но достигается высокая степень очистки ядер от упруго рассеянных ионов и полная очистка от пучка бомбардирующих частиц. Конфигурацию масс-спектрометра при этом можно выбирать в простейшем варианте одного анализирующего магнитного диполя D в комбинации с техникой измерения времени пролета Δt и широкоапертурной координатно-чувствительной ($\Delta E, E$) - методикой. Эффективность сбора продуктов в системе $D + \Delta t + (\Delta E, E)$ можно существенно увеличить, если между мишенью и магнитным диполем установить светосильные квадрупольные линзы (или соленоиды).

Анализ имеющихся данных показывает, что для получения ТИЭ с $8 < Z < 30$ в реакциях глубококонепругих передач наиболее перспективными являются комбинации $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ и $^{58}\text{Fe} + ^{238}\text{U}$.

В целях получения информации о возможных сечениях образования тяжелых изотопов в комбинации $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ нами была изучена модельная реакция $^{40}\text{Ar} (300 \text{ МэВ}) + ^{238}\text{U} (3 \text{ мг/см}^2)$. Спектрометр $D + (\Delta E, E)$ был установлен под углом 40° к направлению пучка. Результаты измерений представлены в табл. I, в которой звездочкой указаны экстраполированные значения сечения образования неизвестных тяжелых изотопов.

Таблица I. Сечения образования изотопов (в мкб/ср.) $^{40}\text{Ar} (300 \text{ МэВ}) + ^{238}\text{U} (3 \text{ мг/см}^2)$ в реакциях $^{40}\text{Ar} (300 \text{ МэВ}) + ^{238}\text{U} (3 \text{ мг/см}^2)$

Нуклиды	^{32}Si	^{37}Si	^{40}Si	^{35}P	^{40}P	^{43}P	^{36}S	^{42}S	^{45}S	^{39}Cl	^{43}Cl	^{46}Cl
$d\sigma/d\Omega$ (мкб/ср)	~ 500	~ 5	$\sim 0,02^*$	$\sim 10^3$	~ 5	$\sim 0,05^*$	$\sim 2 \cdot 10^3$	~ 5	$\sim 0,02^*$	$\sim 10^4$	~ 50	$\sim 0,1^*$

Оценки показывают, что в реакции $^{48}\text{Ca} + ^{238}\text{U}$ (при токе 10 мкА и тех же экспериментальных условиях) можно зарегистрировать несколько десятков штук/ч изотопов ^{40}Si , ^{43}P , ^{45}S и ^{46}Cl .

Для получения неизвестных тяжелых изотопов элементов с $20 < Z < 30$ в реакции $^{58}\text{Fe} + ^{238}\text{U}$ в качестве нижних границ сечения образования можно использовать данные измерений в комбинации $^{56}\text{Fe} (8,3 \text{ МэВ/н}) + ^{238}\text{U} (0,5 \text{ мг/см}^2)$ (табл. 2) /44/.

Таблица 2. Сечения образования изотопов (в мб) в реакции $^{56}\text{Fe} (8,3 \text{ МэВ/н}) + ^{238}\text{U} (0,5 \text{ мг/см}^2)$ /44/

Нуклиды	^{52}Sc	^{53}Sc	^{54}Ti	^{55}Ti	^{56}Ti	^{56}V	^{57}V	^{58}V	^{58}Cr	^{59}Cr	^{60}Cr	^{61}Mn	^{63}Fe
(мб)	0,5	0,3	1,0	0,3	0,2*	1,3	0,3*	0,1*	0,9	0,3	0,1*	0,2*	0,2*

б) ОБРАЗОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ИЗОТОПОВ В РЕАКЦИЯХ С ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

Экспериментально установлено /26+38/, что по мере увеличения энергии бомбардирующих частиц (десятки и выше МэВ/нуклон) доминирующим каналом образования изотопов с аномальными N/Z являются реакции фрагментации ускоренных частиц. Кинематические характеристики продуктов фрагментации, их массовые и элементные распределения представлены на рис. 4+7 /33/.

Характерной особенностью угловых распределений легких элементов, образующихся в реакциях фрагментации, является резкий экспоненциальный рост в переднем направлении. Там же для сравнения штрихованной линией показаны угловые распределения элементов Mg и S , которые получены в глубококонепругих реакциях $^{40}\text{Ar} (398 \text{ МэВ}) + ^{232}\text{Th}$ при низкой энергии /39/. Некоторое замедление роста в $d\sigma/d\Omega$ с уменьшением угла, которое наблюдается для самых легких элементов, обусловлено возрастающим вкладом в их выход от глубококонепругих реакций и процессов испарения. Малый угловой разброс продуктов реакции позволяет с высокой эффективностью собирать спектрометром и транспортировать к детекторам подавляющую часть выхода легких элементов.

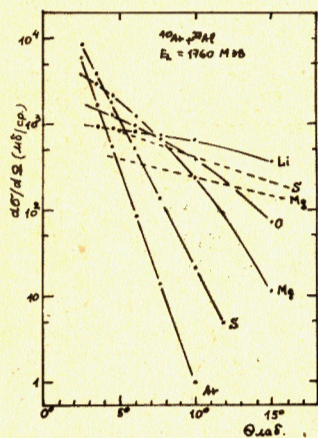


Рис.4. Угловые распределения легких фрагментов из реакции ^{40}Ar (1760 МэВ) + ^{27}Al /33/. Штрихованными линиями показаны угловые распределения S и Mg , полученные в глубоководных процессах в реакции ^{40}Ar (398 МэВ) + ^{232}Th /39/.

На рис.5 показаны спектры кинетических энергий в л.б. системе координат для изотопов ^{16}O , ^{25}Mg , ^{40}Ar и ^{40}K . Видно, что максимумы спектров несколько смещаются к более низким энергиям по сравнению с энергией бомбардирующей частицы (указана стрелкой). Наблюдается также расширение спектров с уменьшением атомного номера элемента. На рис.6 представлена систематика наиболее вероятных энергий фрагментов, которая полезна для практических целей при оценке жесткости магнитных анализаторов. Массовые и элементные распределения фрагментов показаны на рис.7,8.

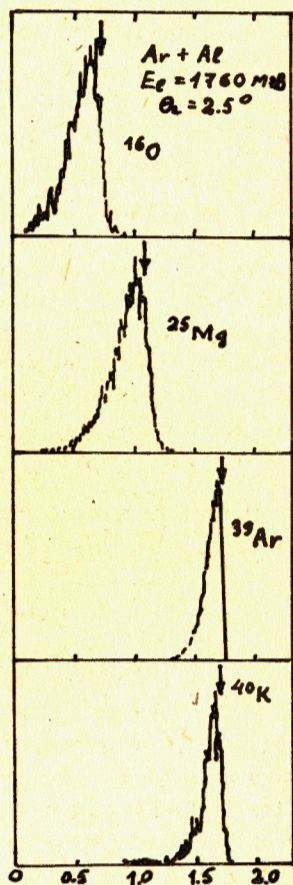


Рис.5. Энергетические спектры продуктов фрагментации, измеренные под углом $\Theta_{\text{лаб.}} = 2,5^\circ$ /33/. Стрелками показана энергия этих продуктов, вылетающих из мишени со скоростью бомбардирующей частицы.

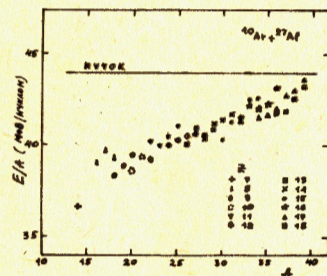


Рис.6. Систематика наиболее вероятных энергий фрагментов с $7 \leq Z \leq 18$ из реакции ^{40}Ar (1760 МэВ) + ^{27}Al /33/.

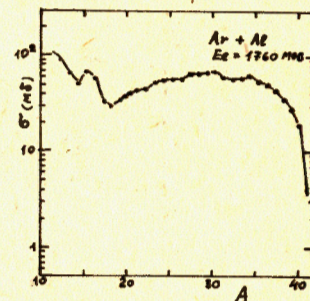


Рис.7. Массовые распределения продуктов из реакции ^{40}Ar (1760 МэВ) + ^{27}Al /33/.

Видно, что сечения образования легких элементов достигают сотни мб. Выход НИЛЭ можно увеличить, если в качестве мишеней использовать более тяжелые мишени (рис.9).

Анализ имеющихся данных показывает, что в реакциях фрагментации ^{48}Ca , ^{58}Fe и ^{76}Ge с энергией в несколько десятков и сотни МэВ/нуклон на тяжелых мишенях можно синтезировать более сотни неизвестных тяжелых изотопов с $30 < Z$ и получать пучки ранее идентифицированных тяжелых изотопов, достаточные по интенсивности для проведения систематических исследований их свойств и типов распада.

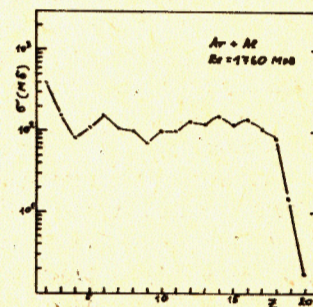


рис.8. Элементные распределения фрагментов из реакции ^{40}Ar (1760 МэВ) + ^{27}Al /33/.

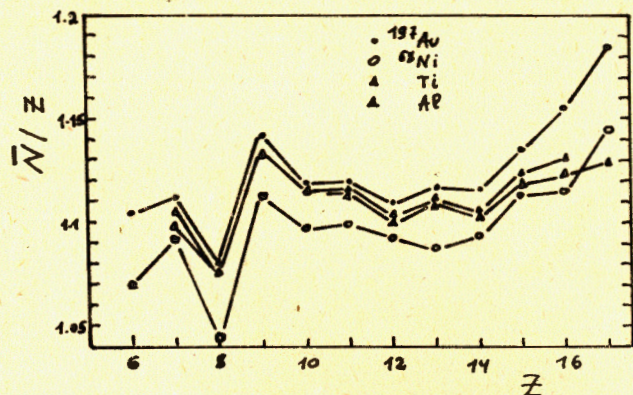


Рис.9. Распределение средних значений \bar{N}/Z продуктов в зависимости от Z , для разных реакций ^{40}Ar (1760 МэВ) + (Ar , Ti , Ni , Au)/33/.

§ 4. ИЗУЧЕНИЕ РАЗНЫХ ТИПОВ РАСПАДА ТЯЖЕЛЫХ ИЗОТОПОВ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И НОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ

Представляет значительный интерес поиск новых областей β -задержанных излучателей $2n$ и более нейтронов, а также экспериментальное исследование корреляции нейтронов в $2n$, $3n$, $4n$ и т.д. распадах. Если испускание нейтронов происходит не только каскадно, но и с определенной вероятностью в виде мультинейтронных связанных систем ($2n$, $3n$, $4n$ и т.д.), то открываются реальные возможности для изучения времени жизни чисто мультинейтронных ядерных состояний и их пространственной локализации.

Исследование угловой и энергетической корреляции в β -задержанном $2n$ -распаде может дать ценную информацию о динамике перехода барьера парой связанных нейтронов, а также уникальную информацию о нуклон-нуклонных взаимодействиях на больших расстояниях ($\approx 10^{-11}$ см). До сих пор $2n$ и $3n$ -задержанные распады наблюдали лишь в легких элементах ^{11}Li и ^{32}Na . Можно ожидать, что при распаде сверхтяжелых изотопов более тяжелых элементов будут испускаться и более тяжелые нейтронные капли ($> 3n$).

Интерес представляет экспериментальное обнаружение необычных типов распада сверхтяжелых изотопов с $Z \sim 20$. Например, β -задержанный распад на два и более заряженных фрагмента (прямо или в каскаде после $1n$ или $2n$). Обнаружение такого типа распада перегружен-

ных нейтронами ядер могло бы служить указанием на явление кластеризации ядерной материи в рыхлых слабо связанных ядрах с аномальным отношением N/Z . Существование мультицентральной структуры ядер, связь между кластерами в которых осуществляют избыточные нейтроны, теоретически допускает перестройку ядер в принципиально новые формы (тороиды и т.д.)/13/.

Теоретический анализ различных областей деформаций /63,64/ указывает на тенденцию к возрастанию относительной величины ее при движении вниз вдоль долины распределения нуклидов (от тяжелых к более легким), а также от нейтроноизбыточных к нейтронодефицитным областям при фиксировании протонных оболочек. Кроме возрастающей роли деформации в легкой области ядер можно отметить также изменение характера самого перехода от одной формы к другой (более резкий), явление сосуществования разных типов деформации в одном ядре (сферической, вытянутой и сплюснутой) и ослабление стабилизирующей роли замкнутой нейтронной оболочки.

Исследование динамики развития деформации в области тяжелых и сверхтяжелых изотопов с $8 < Z < 28$ вызывает значительный интерес, поскольку здесь экспериментаторы вышли в область новых замкнутых (по числу нейтронов) оболочек и приблизились вплотную к границе нуклонной устойчивости.

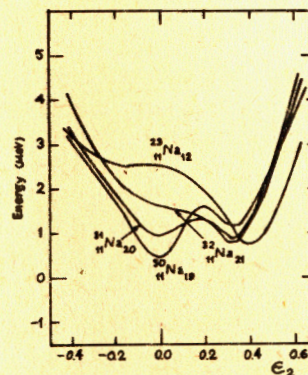


Рис.10. Потенциальная энергия в основном состоянии для изотопов Na (макро-микроскопическая оболочечная поправка) в зависимости от параметра деформации ϵ_2 (+ удлинение, - сжатие) /63,64/.

В качестве примера на рис.10 показано изменение потенциальной энергии в основном состоянии (макро-плюс микроскопическая оболочечная поправка) для изотопов Na в зависимости от параметра деформации ϵ_2 (+ удлинение, - сжатие). Видно, что стабильный изотоп ^{23}Na в основном состоянии имеет минимум потенциальной энергии, соответствующий вытянутой форме ($\epsilon_2 \approx 0,4$). С приближением к замкнутой нейтронной оболочке $N = 20$ форма нуклидов Na радикально изменяется: для $N = 19$ (^{30}Na) доминирующей становится сферическая, хотя возможно существование ^{30}Na и в деформированном состоянии ($\epsilon_2 \approx 0,3$). Для нуклида с $N = 20$ (^{31}Na) допускается равноправное существование сферической и деформированной форм ($\epsilon_2 \approx 0,3$). Добавление одного нейтрона сверх зам-

кнutoй оболочке (^{32}Na) снова резко меняет форму (ядро удлиняется до $\epsilon_2 \approx 0,3$). Дальнейшее увеличение числа нейтронов ведет к образованию ядер Na преимущественно в сплюснутых формах.

В заключение отметим, что для исследования редких типов распада экзотических ядер с крайне малыми сечениями образования и короткими временами жизни первостепенными для методики являются вопросы не только очистки продуктов от "фоновых" частиц, но также качество и многофункциональность регистрирующей системы.

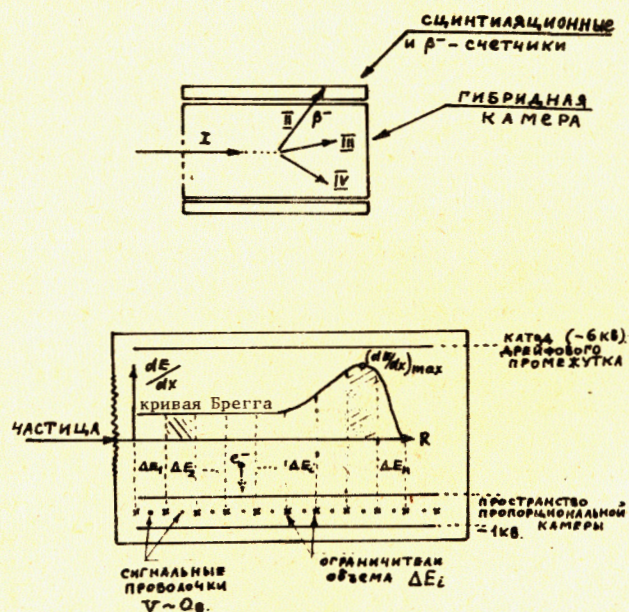


Рис.11. Вариант детектирующей системы для регистрации короткоживущих ядер с возможностью измерения вторичных частиц распада: а) общая схема; б) детали гибридной камеры /65,66/.

На рис.11 а,б показан вариант детектирующей системы, которую можно было бы использовать не только для идентификации тяжелых изотопов по A и Z , но и для измерения траекторий вилок распада на заряженные фрагменты или угловые и энергетические корреляции β -задержанных двухнейтронных и более типов распада. Широкоапертурная газонаполненная камера, состоящая из дрейфового и пропорционального промежутков, работает в режиме измерения полной кривой ионизационных

потерь (кривой Брега). Гибридная камера допускает не только надежную идентификацию ядер по Z , но и измерение их траекторий. Возможности определения траектории заряженной частицы можно использовать для измерения вилок распада, остановившегося β -активного тяжелого изотопа (участки II и III).

Для регистрации жестких β -частиц камера погружается в домик из сцинтилляционных блоков. Импульс от сцинтилляционных счетчиков можно использовать в качестве стартового для запуска камеры при измерении вилок распада дочернего ядра. Для эффективной регистрации β -задержанного $2n$ (и более) распада целесообразно наполнение камеры выполнить из смеси $^3\text{He}(\text{CH}_4 \text{ } 10\%)$ вместо традиционного $\text{Ar}(\text{CH}_4)$ наполнения /65,66/.

При исследовании нового типа распада редких событий можно предусмотреть блокировку ускорителя (или пучка) с целью подавления интенсивного фона от мешающих радиоактивных продуктов. Времени для выработки блокирующего импульса достаточно, так как сам процесс регистрации первичного кандидата на исследуемый распад измеряется десятками микросекунд, в то время как ожидаемый период его полураспада равен миллисекундам и выше.

Автор благодарит академика Г.Н.Флерова и профессора Ю.П.Оганесяна за плодотворные дискуссии и стимулирующий интерес к данной проблематике, Ю.Э.Пенионжкевича, С.Хайнацки, А.Солтана и Р.Купчака за проведение эксперимента и обсуждение полученных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базь А.И., Гольданский В.И., Зельдович Я.Б. УФН, 1960, т.22, с.211.
2. Базь А.И. и др. Легкие и промежуточные ядра вблизи границ нуклонной стабильности "Наука", М., 1972.
3. Базь А.И., Демин В.Ф., Жуков М.В., ЯФ, 1969, 9, с. 1184.
4. Baz A.I., Bragin V.N. Phys.Lett., 1972, 39B, p. 599.
5. Ogloblin A.A. GSI-79-12, 1979.
6. Гольданский В.И. Письма в ЖЭТФ, 1973, т.17, с. 56.
7. Fiatman et al. Nucl.Phys., 1973, A206, p. 21 and Nucl.Phys., 1975, A251, p. 109.
8. Cerny J. et al. Phys.Lett., 1974, 53B, p. 247.
9. Detraz C. Proc. 3th Int.Conf. on Nuclei Far from Stability. CERN 76-13, 1976.
10. Proc. 4th Int.Conf. on Nuclei far from Stability. CERN 81-09, 1981.

- II. Hansen P.G., Ann.Rev.Nucl.Sci., 1979, 29, p. 69.
- I2. Scot D.K. Michigan State University NSUCL-364, 1981 and MSUCL-359, 1981 and MSUCL-434, 1983.
- I3. Wilkinson D.H. Proc. 3th Int.Conf. on Nuclei Far from Stability, CERN 76-13, p. 71.
Schulz R. et al. Z.Phys. 1983, A310, p. 139.
- I4. Гольдманский В.И. ЭСТФ, 1960, 39, с. 497.
- I5. Azuma R.E. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 43, p. 1652 and Phys.Lett., 1980, 96B, p. 31.
- I6. Bjornstad et al. Nucl.Phys., 1981, A359, p. 1.
- I7. Detraz et al. J. de Physique-Lettres, 1980, 41, p. L459.
- I8. Detraz et al. Phys.Rev., 1979, c.19, p. 164.
and Phys.Lett., 1980, 94B, p. 307 and Phys.Lett., 1983, 125B, p. 116 and Nucl.Phys., 1983, A402, p. 301 and Nucl.Phys., 1984, A414, p. 151 and IPNO-DRE-84-10, 1984.
- I9. Jonson B. Nucl.Phys., 1981, A354, p.77c and Nucl.Instr.Meth., 1981, 186, p.35.
20. Roedel E. Nucl.Phys., 1983, A400, p. 131.
21. Lyutostansky Yu.S., Panov I.V., Z.Phys., 1983, A313, p. 235.
22. Fuller G.M. et al. Astrophys. J., 1982, 252, p. 715,
23. Klapdor H.V. et al. Z.Phys., 1983, A309, p. 301.
24. Kratz et al. Astron.Astrophys. 1983, 125, p. 381.
25. Wildenthal B.M. et al. MSUCL-401, 1983.
26. Viyogi Y.P. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 42, p. 33.
27. Westfall G.D. et al. Phys.Rev.Lett., 1979, 43, p. 1859.
28. Gelbke C.K. et al. Phys.Lett., 1977, 70B, p. 415.
29. Harvey B.G., Phys.Rev.Lett., 1981, 47, p. 454.
30. Stevenson J.D. et al. Phys.Rev., 1981, c24, p. 2102.
31. Scott D.K. MSUCL-359, 1981.
32. Ryde H. Phys.Scripta, 1983, T5, p. 114.
33. Barrette et al. XXII Int.Winter Meeting on Nuclear Physics, 1984, Bormio.
34. M. de Saint Simon et al. Phys.Rev., 1982, c26, p. 2447.
35. Guerreau et al., Phys. Lett., 1983, 131B, p. 293.
36. Borrel V. et al. Z.Phys., 1983, A324, p.191.
37. Mongey J. et al., Phys.Lett., 1981, 105B, p. 25.
38. Leres A. et al. Z.Phys., 1983, A312, p. 177.
39. Волков В.В. ЭЧАЛ, 1971, т.2, с. 285.
40. Artukh A.G. et al., J de Phys., 1971, c6, p. 129.
41. Chiang T.H. et al. Phys.Rev., 1979, c20, p. 1408.

42. Auger P. et al. Z.Phys., 1979, A289, p. 255.
43. Guerreau D. et al. Z.Phys., 1980, p. 105.
44. Breuer H. et al. Phys.Rev., 1980, c22, p. 2454.
45. Runte E. et al. Nucl.Phys., 1983, A399, p. 163.
46. Armbruster P., Proc. 3th Int.Conf. on Nuclei Far from Stability, CERN 76-13, 1976, p. 3.
47. Enge H.A. Nucl.Instr.Meth., 1979, 162, p. 161.
48. Bruske N. et al. Nucl.Instr.Meth., 1981, 186, p. 61.
49. Гурач К. и др. ЯФ, 1974, 19, с. 596.
50. Карнаузов В.А. и др. "Ядра, удаленные от линии бета-стабильности" Энергоиздат, М., 1981.
51. Берлович Э.Е. и др. Изв. АН СССР, Сер.Физ., 40, 1976, с. 2036.
52. Klapisch R. et al. Nucl.Instr.Meth., 1967, 53, p. 216,
53. Artukh A.G. et al. Nucl.Instr.Meth., 1970, 83, p. 72.
54. Nitschke J.M. Nucl.Instr.Meth., 1970, 78, p. 45 and 1983, 206, p. 341.
55. Cormier T.M. et al. Nucl.Instr.Meth., 1981, 184, p. 423 and 1983, 212, p. 185.
56. Munzenberg G. et al. Nucl.Instr.Meth., 1979, 161, p. 65.
57. Майдииков В.З. и др. ИТЭ, 1979, 4, с. 68.
58. Schull D., GSI-83-2, 1983.
59. Bohlen H.G., Hahn-Meitnev-Institut fur Kernfersehung 83/1 R, 1983.
60. Morinobee S. et al. RCNP Ann.Rep.1980 and 1981 and 1982
61. Schapira J.P. et al. IPNO-DRE-8332, 1983.
62. Spolaore P. et al. Proc.Int.Symposium on Nuclear Physics at Large Tandem Acceler. 1983, Padova, Italy.
63. Bengtsson R. et al. IA-UR-83-1834, 1983.
64. Moller P., Nix J.R. At.Data Nucl.Data Tables, 1981, 26, p. 165.
65. Басиладзе С.Г. и др. Материалы совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. ОИЯИ, Д-13-11807, Дубна, 1982.
66. Будилов В.А. и др., ОИЯИ, I-83-609, Дубна, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 августа 1984 года.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "Краткие сообщения ОИЯИ". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "Сообщений ОИЯИ", статьи, вошедшие в сборник, имеют /в отличие от препринтов/ статус официальных публикаций ОИЯИ.

Сборник "Краткие сообщения ОИЯИ" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the JINR Communications and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

- Physics of elementary particles and atomic nuclei.
- Theoretical physics.
- Experimental techniques and methods.
- Accelerators.
- Cryogenics.
- Computing mathematics and methods.
- Solid state physics. Liquids.
- Theory of condensed matter.
- Applied researches.

Being a part of the JINR Communications, the articles of this new collection, in contrast to the JINR Preprints, have the status of official publications of the JINR.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.



Артюх А.Г.

P7-84-590

Возможности получения и изучения свойств тяжелых изотопов легких элементов с $Z < 30$ на пучках тяжелых ионов

Обсуждаются актуальные аспекты исследований нейтроноизбыточных изотопов легких элементов, методы их получения, идентификации и изучения свойств. Предложены типы реакций, перспективные для синтеза неизвестных тяжелых изотопов с $Z < 30$ и приведены оценки сечений их образования. Обсуждается важность исследований предсказываемых областей деформации и свойств β -задержанного мультинейтронного распада и развала на заряженные частицы.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод Т.Ю.Думбрайс

Artukh A.G.

P7-84-590

The Possible Production and Investigation of Properties for Heavy Isotopes of Light Elements with $Z < 30$ on Heavy Beams

The actual aspects of neutron-rich isotopes of light elements, methods of production, identification and study of the properties are discussed. The perspective reactions to synthesize unknown heavy isotopes with $Z < 30$ are proposed and cross sections for production are given. The possibilities of investigation of predicted deformed regions and properties of β -delayed multinucleon decay and fission on the charged particles are discussed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984