

14/у-68

F-256

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 3771



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Б.А.Гвоздев, С.А.Карамян, Н.С.Мальцева,
Ю.Ц.Оганесян, Ю.Э.Пенионжкевич, А.М.Сухов,
Б.В.Фефилов, З.Шегловский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $Ge(Li) \gamma$ -СПЕКТРОМЕТРА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВЫХ И ИЗОТОПНЫХ
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ
В РЕАКЦИЯХ С ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

1968

13 - 3771

7281/2 чф.
Б.А.Гвоздев, С.А.Карамян, Н.С.Мальцева,
Ю.Ц.Оганесян, Ю.Э.Пенионжквич, А.М.Сухов,
Б.В.Фефилов, З.Шегловский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $\text{Ge(Li)} \gamma$ -СПЕКТРОМЕТРА
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВЫХ И ИЗОТОПНЫХ
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ
В РЕАКЦИЯХ С ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

Направлено в ПТЭ



Изучение процесса деления ядер под действием ускоренных тяжелых ионов дает важные сведения как о свойствах возбужденных сверхтяжелых ядер, так и о механизме образования и индивидуальных свойствах осколков деления. Из опытов по делению урана ионами с массой > 20 следует, что процесс деления, возможно, станет одним из путей синтеза новых изотопов в широкой области значений Z и A /1,2/.

В связи с этим представляет определенный интерес исследование основных характеристик деления - измерение массовых распределений осколков, дисперсии продуктов деления по массе и заряду и зависимости этих распределений от начального состояния ядра (энергии возбуждения, параметра делимости Z^2/A и др.).

Однако из-за особенностей ядерных реакций с тяжелыми ионами хорошо известные методы не могут быть использованы для подобных измерений. Так, например, измерение массовых распределений по регистрации парных энергий осколков весьма сложно и не дает надежных результатов из-за большого переносного импульса начального ядра при облучении частицами с массой $A \geq 20$.

Классические радиохимические методы с выделением из облученного образца отдельных элементов медленны, трудоемки и имеют низкую относительную точность.

Ниже описывается методика измерения массовых и изотопных распределений при делении ядер тяжелее ^{209}Bi ионами ^{16}O , ^{20}Ne и ^{40}Ar . Вещество мишени слоем 500-1000 мкг/см², нанесенное на толстую Al-подложку, охлаждаемую водой, облучалось пучком тяжелых ионов на 300-сантиметровом циклотроне ОИЯИ. Интенсивность пучка 3-7 мка.

Осколки деления, вылетевшие из мишени в интервале углов от 170 до 120° , попадали на 15 мк алюминиевый сборник (рис. 1). Положение сборника в задней плоскости исключало попадание на него упруго рассеянных ионов и основной части продуктов обменных реакций. После 5–6-часового облучения сборник извлекали из реакционной камеры и проводилось химическое выделение группы редкоземельных элементов и иттрия^{х/}. Выделение этой группы ядер в данном случае наиболее удобно. Все элементы редкоземельной группы имеют одинаковые химические свойства и занимают, по существу, весь правый участок кривой симметричного массового распределения^{4/}, в то время как изотопы иттрия расположены в левой части (см. рис. 7а). Таким путем достигается высокая относительная точность в определении выхода изотопов в области масс $140 \leq A \leq 180$. Подобная операция может быть произведена и с другими группами элементов, имеющих одинаковые химические свойства, однако, это потребует иной химической методики.

Время химического выделения составляло ~ 30 мин, что позволило надежно регистрировать излучатели с периодом полураспада $T_{1/2} \geq 20$ мин.

Для идентификации продуктов реакции производилось измерение спектра γ -излучения с помощью Ge(Li) дрейфового детектора с чувствительным объемом $8,5 \text{ см}^3$. Блок-схема измерительной аппаратуры представлена на рис. 2. Сигналы с детектора поступают на зарядо-чувствительный предусилитель, усиливаются линейным усилителем и подаются на блок амплитудно-цифрового преобразователя на 4096 каналов^{5/}. Преобразователь имеет собственный адресный регистр, с которого информация параллельным цифровым кодом передается в память анализатора АИ-4096.

Использовались два типа предусилителей, один из которых имел на входе специально отобранный экземпляр двойного триода^{6/}, второй – с двумя параллельно включенными полевыми транзисторами (рис. 3) с током затвора $5 \cdot 10^{-12} \text{ а}$ и крутизной $\geq 4,5 \text{ ма/в}$. Основные параметры предусилителей:

^{х/} В опытах использован фторидный цикл выделения как наиболее экспрессный и дающий высокий химический выход.

	Предусилитель на лампе	Предусилитель на полевых транзисторах
Чувствительность	50 мв/мэв	50-250 мв/мэв
Время нарастания сигнала	60 мсек	70 мсек
Выходное сопротивление	100 ом	100 ом
Максимальная амплитуда выходного сигнала при линейности не хуже 0,1%	2,2 в	2,5 в
Ширина линии шумов при РС -формировании 2 мсек ($\tau_{ш} = \tau_{з}$)	1,8+0,008 кэв/пф	1,6+0,05 кэв/пф.

Для проведения длительных измерений усилительно-преобразовательный тракт стабилизировался по двум точкам амплитудной характеристики с помощью генератора эталонных импульсов^{/7/}.

Отличительной особенностью системы стабилизации является привязка эталонных импульсов к границам двух соседних, заранее выбранных, каналов и использование в качестве преобразователя сигнала ошибки в сигнал коррекции зарядо-разрядного устройства, выполненного на конденсаторе с широкой линейной областью. Система стабилизации работает следующим образом. Генератор эталонных импульсов вырабатывает попеременно с частотой 10-100 гц два импульса с соотношением амплитуд 1:8 и передает их на вход предусилителя. Импульсы проходят через весь усилительный тракт и преобразуются в цифровой код. Импульс конца серии цифрового кода проходит через соответствующий клапан, управляемый генератором, и далее - через соответствующую систему границ. В зависимости от того, где находился код эталонного импульса - слева или справа от выбранной границы - блок преобразования сигнала ошибки вырабатывает сигнал коррекции определенной полярности и амплитуды, пропорциональной разности скорости поступления импульсов по разные стороны границы. Эталонный импульс меньшей амплитуды стабилизирует порог дискриминации преобразователя, а большей амплитуды - величину линейного тока разряда конденсатора преобразователя ("коэффициент усиления").

Скорость обработки сигналов "нуля" и "усиления" - $5 \frac{\text{кан}}{\text{сек}}$, предельно допустимое изменение порога дискриминации и коэффициента усиления ~30%.

Для исключения эффекта "мертвого времени" спектрометра при использовании интенсивных источников на вход усилителя подавался стандартный сигнал, статистически распределенный во времени. Для этой цели служил генератор стандартных амплитуд с запуском от импульсов поверхностно-барьерного Si (Au) - детектора, регистрирующего α -частицы источника ^{241}Am . Число зарегистрированных импульсов α -частиц пропорционально "активному" времени работы спектрометра.

Использование описанных элементов позволяет получить следующие параметры:

Полное энергетическое разрешение (ширина пика на полувысоте)	- 5 кэВ (не зависит от энергии γ - квантов)
Точность определения энергии	$\pm 1,0$ кэВ
Стабильность положения пика в течение длительного времени измерения (≈ 40 часов)	не хуже 0,5 кэВ

Для уменьшения фона от внешних источников детектор с преусилителем помещался в трехслойной защите из железа, кадмия и свинца, размером 30 x 40 x 50 см.

Типичный спектр γ -лучей осколков редкоземельной группы из реакции $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f)$ представлен на рис. 3. Основная часть спектра занимает энергетический интервал от 100 до 1500 кэВ, т.е. область, где эффективность кристалла достаточно высока. Отметим, что чувствительность спектрометра позволяет после 5-6-часового облучения надежно выделять изотопы со временем жизни $20 \text{ мин} \leq T_{1/2} \leq 150 \text{ дней}$.

Спектр γ -квантов имеет сложную структуру, поэтому энергетическое разрешение регистратора играет решающую роль. Естественно, что разрешение ~ 5 кэВ не является предельно возможным, однако, уже при этих данных оказалось возможным надежно выделить 15-18 изотопов различных элементов.

При обработке данных из полного спектра вычиталось непрерывное распределение, соответствующее комптоновскому рассеянию, и по площади пиков с учётом временного фактора и эффективности спектрометра определялась интенсивность γ - переходов данной энергии.

Идентификация изотопа производилась по энергии одного или нескольких γ -переходов, соответствующих распаду данного ядра^{/8/}, относительной интенсивности γ -линий и периоду полураспада. Погрешность в определении выхода изотопа, по нашим оценкам, составляет не более 15%.

Дальнейшая обработка результатов подробно описана в работе^{/9/}.

На рис. 4 в качестве примера приведено массовое распределение осколков деления в реакции $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f)$ и изотопное распределение ядер теллура, полученное в этой же реакции. После химического отделения, используя данную аппаратуру, по спектру удается определить не только выходы изотопов теллура, испытывающих распад из основного состояния, но и практически выходы всех известных изомерных состояний в этой области.

Метод идентификации продуктов реакции описан в применении к осколкам деления. Однако он может быть также успешно применен к другим типам реакций, где регистрация ядер связана с измерением γ -спектров.

Авторы благодарны проф. Г.Н.Флерову за организацию и руководство работой, а также В.Г.Субботину за разработку полупроводникового усилителя.

Л и т е р а т у р а

1. Г.Н.Флеров. Препринт ОИЯИ Д7-3623, Дубна 1967 г.
2. И.В.Кузнецов, Н.С.Мальцева, Ю.Ц.Оганесян, В.А.Шеголев. Препринт ОИЯИ Р7-3710, Дубна 1968.
3. И.Брандштеттер, И.Звара, Т.Зварова, В.Кноблох, М.Крживанек, Я.Малы, Су Хун-гуй. Радиохимия, т. 6, 4, 479 (1964).
4. С.А.Карамян, Я.Липтак, Ю.Ц.Оганесян, Ю.Э.Пенионжкевич, Я.Урбанец. Атомная энергия 23, 864, 1967.
5. Э.Г.Имаев, Ке Ен Сун, В.И.Приходько, А.М.Сухов, В.Г.Тишин. Препринт ОИЯИ Р10-3332, Дубна 1967.
6. Б.В.Фефилов, Л.Кумлф. Препринт ОИЯИ 2110, Дубна 1965 г.
7. Э.Е.Имаев, В.Н.Приходько, В.Г.Тишин, Б.В.Фефилов. Препринт ОИЯИ Р13-3246, Дубна 1967.

8. C.M.Lederer, J.M.Hollander, I.Perlman, Table of Isotopes Sixth Edition, John Wiley and Sons, New York, London, Sydney (1967).

9. С.А.Карамян, Ф.Нормуратов, Ю.Ц.Оганесян, Ю.Э.Ленионжевич, Б.И.Пустыльник, Г.Н.Флеров. Препринт ОИЯИ, Р7-3732, Дубна 1968 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 марта 1968 года.

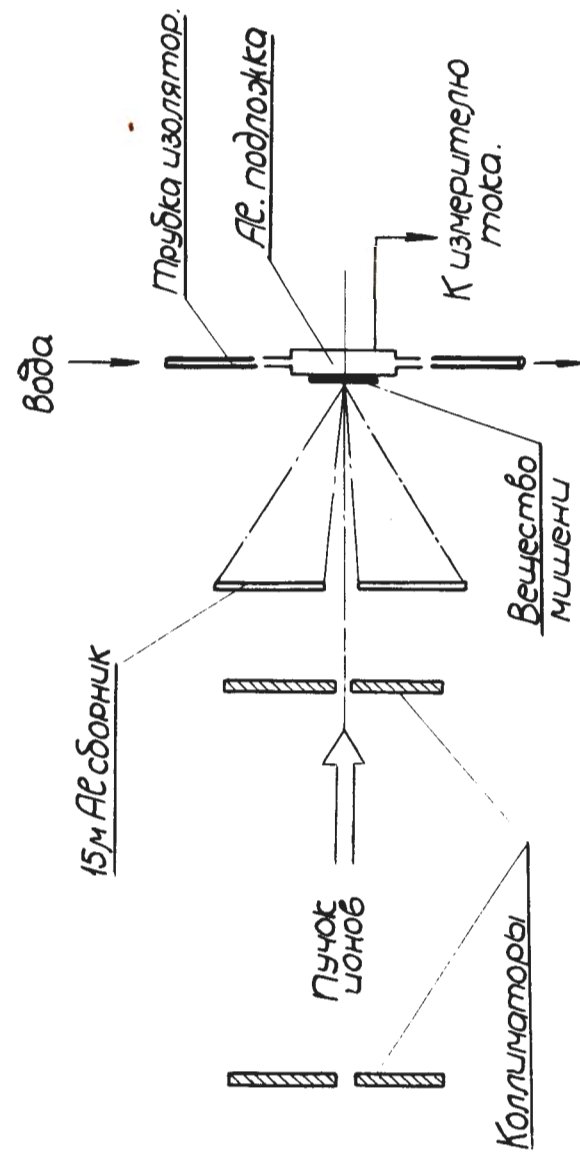


Рис. 1. Схема опыта.

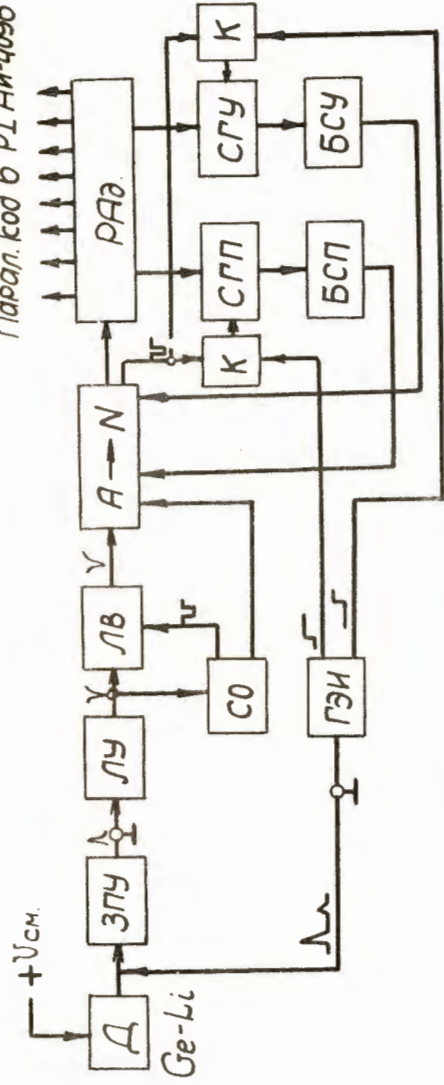


Рис. 2. а) Блок-схема у-спектрометра, ЗПУ - зарядочувствительный предусилитель, ЛУ - основной линейный усилитель, ЛВ - линейная схема пропускания, СО - схема отбора, ГЭИ - генератор эталонных импульсов, А - преобразователь амплитуды в код, РАэ - адресный регистр, К - клапан конца серии, СГП и СГУ - схемы границ порога и усиления, БСМ и БСУ - блоки стабилизации и порога усиления.

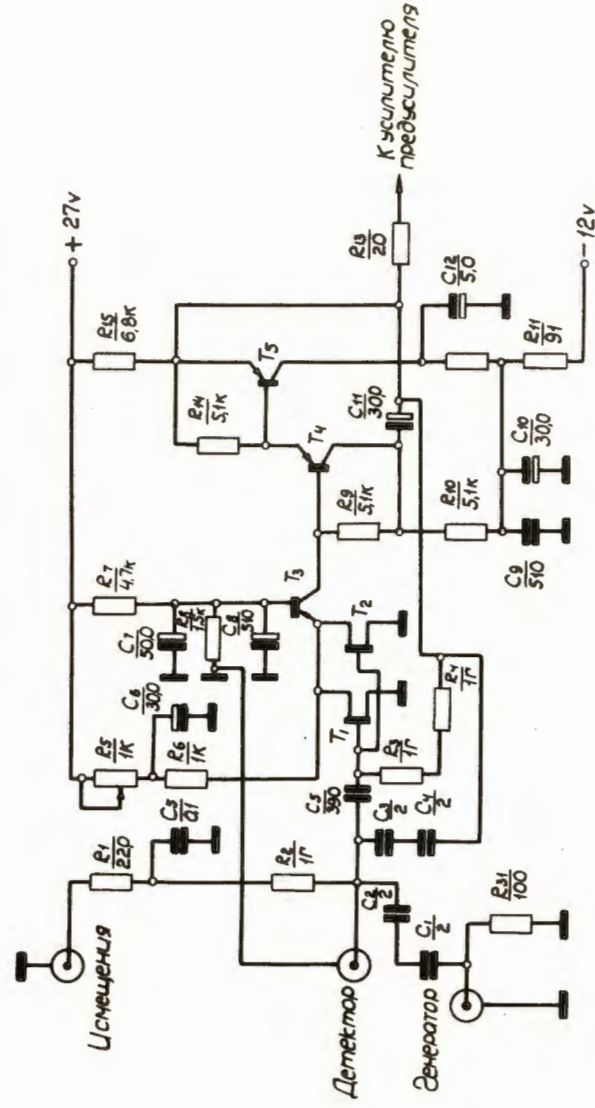


Рис. 2б. Входная часть предусилителя на полевых транзисторах.

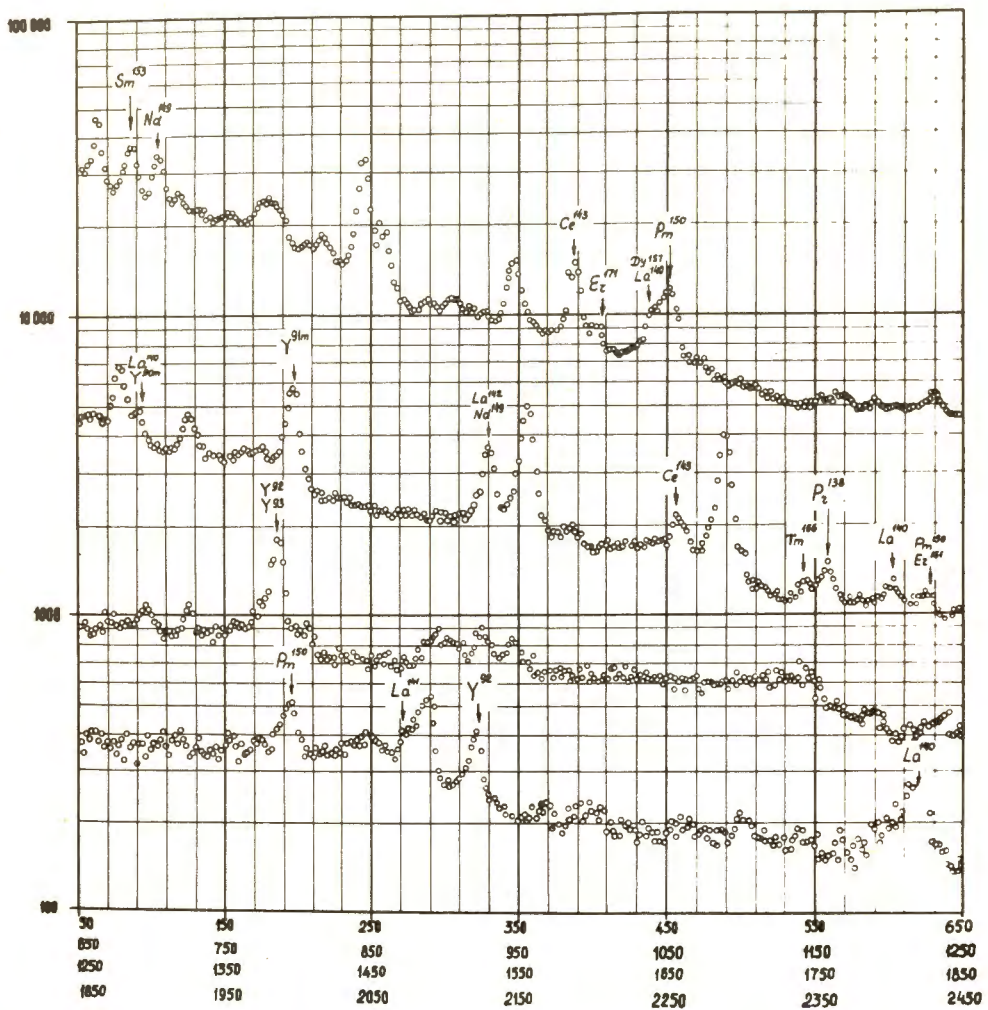


Рис. 3. Аппаратурный спектр γ -лучей осколков редкоземельной группы для реакции $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f)$.

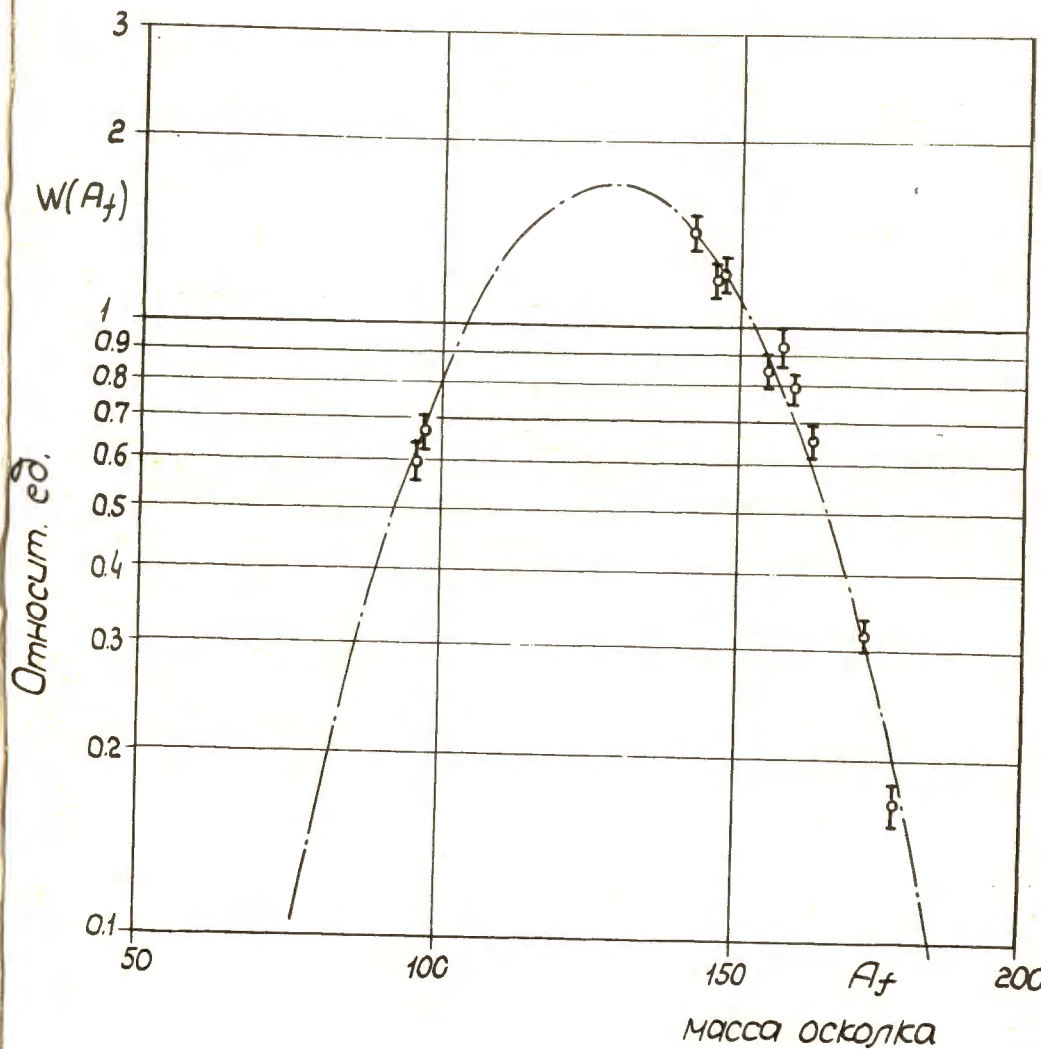


Рис. 4. а) Массовое распределение осколков деления для реакции $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f)$.

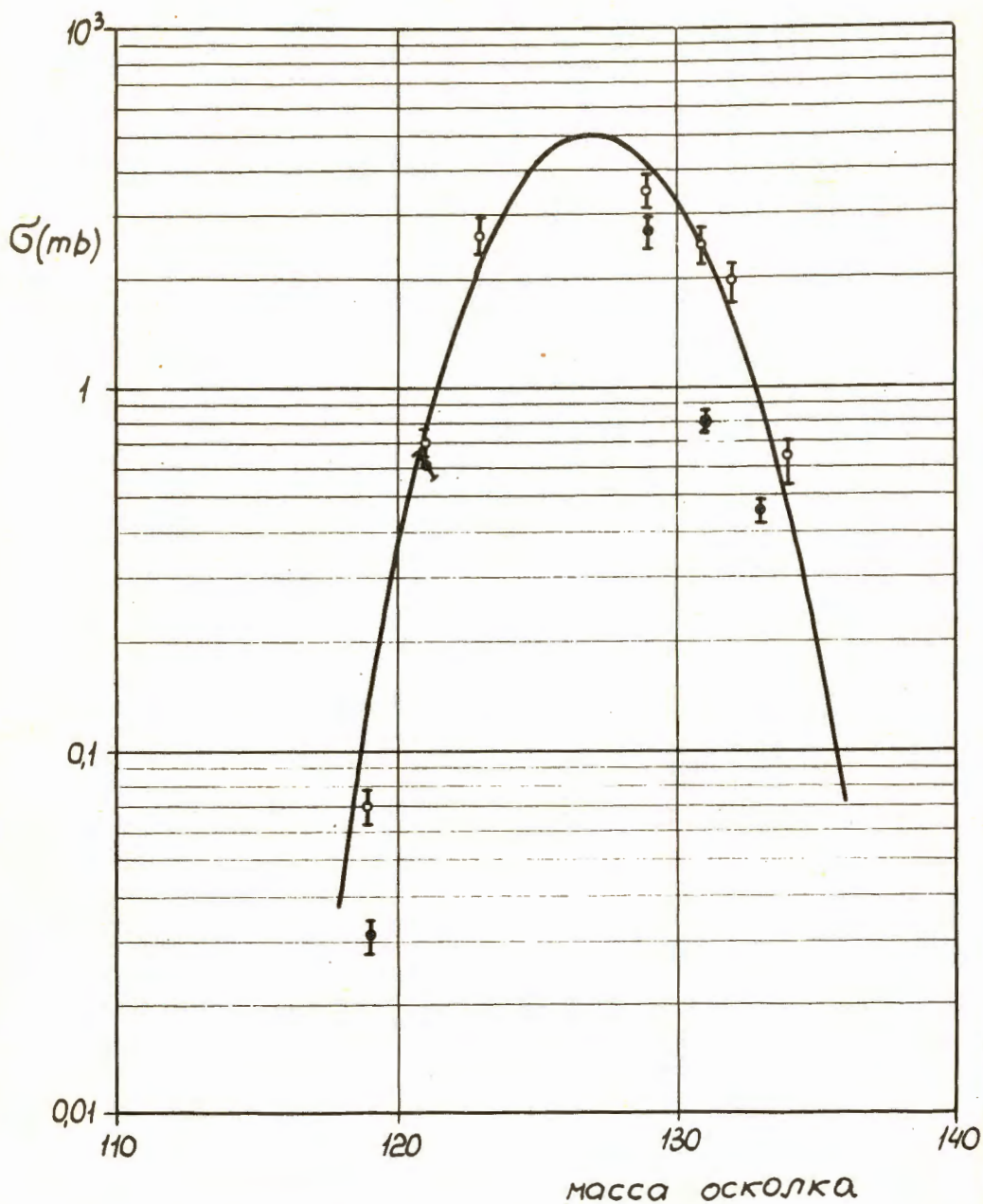


Рис. 4. б) Изотопное распределение ядер теллура для реакции $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f)$

○ - полный выход изотопа данной массы, ● - выход изомеров.