

Т-666

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

13 - 3735

С.П.Третьякова

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ
ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЙ
И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ

Специальность №260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Дубна 1968

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители: доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник С.М.Поликанов,
кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник В.П.Перельгин.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук профессор Г.Б.Жданов,
кандидат физико-математических наук старший научный сотрудник Ю.П.Попов

Предприятие-рецензент: Радиевый институт имени В.Г.Хлопина.

Защита диссертации состоится *6 апреля* 1968 г. на заседании Объединенного Ученого Совета ЛНФ и ЛЯР ОИЯИ; в конференц-зале Лаборатории ядерных реакций, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета *Боч* Ю.Т.Чубурков
Автореферат разослан *14 марта* 1968 г.

13 - 3735

С.П.Третьякова

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ
ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЙ
И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ

Специальность №260. Приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Метод регистрации ионизирующих излучений с помощью ядерных эмульсий нашел широкое применение в экспериментальной ядерной физике. С 1963 года для регистрации тяжелых заряженных частиц и осколков деления применяются также и диэлектрические детекторы. Диссертационная работа посвящена вопросам разработки методик регистрации и дискриминации тяжелых заряженных частиц с помощью этих детекторов.

Для решения некоторых физических задач (например, исследования спонтанно делящихся ядер трансурановых элементов, изучения изомерных состояний трансурановых ядер) регистрацию редких актов деления приходилось проводить вблизи мишени, т.е. в условиях большого фона нейтронов, γ - лучей, заряженных частиц. Кроме того, иногда сечения образования таких ядер (например, в опытах по синтезу трансурановых элементов) падают до очень малых значений $\approx 10^{-34} \text{см}^2$, и число регистрируемых актов спонтанного деления оказывается очень малым. Поэтому первой задачей работ, лежащих в основе диссертации, была разработка методики, обеспечивающей регистрацию и дискриминацию осколков деления ядер на фоне легких заряженных частиц (протонов, α - частиц и т.д.) и нейтральных частиц (нейтронов, γ - квантов).

В ряде физических экспериментов (например, при изучении тройного деления ядер под действием тяжелых ионов, реакций взаимодействия быстрых частиц с ядрами, при исследовании спектра тяжелой космической компоненты и т.д.) возникла необходимость дискриминации ионов, отличающихся друг от друга величиной заряда ядра. Поэтому второй задачей, решаемой в этих работах, было создание методов дискриминации ионов, отличающихся друг от друга по удельным потерям всего на 20-30%.

Диссертация состоит из четырех глав.

Различия в степени ионизации атомов среды при прохождении через нее заряженной частицы и данные об удельных потерях энергии лежат в основе всех дискриминационных методик, представленных в этой работе. Поэтому в первой главе диссертации кратко описан механизм взаимодействия тяжелых заряженных частиц с атомами среды, в которой они тормозятся. Обращается внимание на вклад первичной и вторичной ионизации при регистрации тяжелых заряженных частиц в ядерных эмульсиях и диэлектрических детекторах. В последней части этой главы приведены соотношения пробег - энергия и удельные потери энергии - остаточный пробег (или энергия) тяжелых ионов в обоих типах детекторов.

Во второй главе диссертации кратко представлен обзор исследований по механизму образования, проявления и дискриминации следов заряженных частиц и описывается методика регистрации тяжелых частиц с помощью мелкозернистых ядерных эмульсий типа П РИАН.

В третьей главе приведен обзор исследований по механизму образования следов заряженных частиц в диэлектрических детекторах и способов их наблюдения. Во второй части главы описаны результаты методических разработок по регистрации и дискриминации тяжелых заряженных частиц в диэлектрических детекторах, а также вопросы быстрого поиска редких событий деления ядер.

Особенности применения фотоэмульсионных и диэлектрических детекторов в некоторых физических экспериментах, которые проводились в

Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ на ускорителе многозарядных ионов, показаны в четвертой главе диссертации.

В заключение даются основные выводы работы.

I.

1.1. Задача создания методики надежной идентификации следов осколков деления при большом фоне α -частиц и нейтронов была поставлена в связи с исследованиями спонтанного деления трансурановых ядер, которые синтезируются в ядерных реакциях, протекающих с малыми сечениями /1,2/.

Возможность проведения идентификации заряженных частиц в эмульсии зависит от свойств выбранной эмульсии и способа ее обработки. В общем случае, методы дискриминации заряженных частиц в ядерных эмульсиях можно разделить на три группы:

1. Методы, основанные на изменении свойств эмульсии в процессе ее изготовления;

2. Методы, основанные на воздействии на скрытое изображение (разрушение или усиление его);

3. Методы, связанные с применением особых способов проявления (например, физическое проявление или обработка эмульсий в режиме недопроявления).

Для получения оптимальных результатов были использованы все три возможности /3/.

Очевидно, что применение мелкозернистых эмульсий уменьшает вероятность многократного прохождения ионизирующих частиц через один и тот же кристалл. Поэтому в описываемых экспериментах использовались эмульсии П-8 и Т-1 НИКФИ с величиной зерна 0,08 мк и 0,2 мк, соответственно. (Заметим, что дальнейшее снижение величины эмульсионного зерна бромистого серебра не приводит к улучшению результатов по устранению фона /4/).

Для снятия фона после экспозиции производилось частичное разрушение центров скрытого изображения либо с помощью раствора окислителя $K_3Fe(CN)_6$ с концентрацией $2 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3$ (при $t = 15^\circ\text{C}$ в течение 30 мин), либо эмульсии выдерживались при 100% относительной влажности и температуре 35°C (от 2 до 6 часов).

После окисления следовало проявление (в режиме недопроявления) эмульсий в железooksалатном проявителе с $E_{\text{ox/Red}} = -235 \text{ мВ}$ и $\text{pH} = 4,7$ с предварительной пропиткой в растворе 0,6% KBr при $t = 15^\circ\text{C}$. По сравнению с другими проявителями (амидоловым, глициновым, метолгидрохиноновым) железooksалатный проявитель обеспечивает лучшую воспроизводимость результатов и дает более плотные следы осколков деления, позволяя вести просмотр на микроскопе при увеличении 300-500 X.

Для увеличения скорости просмотра следы осколков деления после фиксирования усиливались с помощью физического проявления /5/. Последовательное применение описанных выше приемов обработки позволило надежно идентифицировать осколки деления на фоне α -частиц, достигающем $\sim 10^{11} \text{ а/см}^2$, на фоне нейтронов $\sim 10^{14} \text{ н/см}^2$ и γ -фоне в ~ 150000 рентген.

Обработка по этой методике дает достаточно большую плотность зерен в следах осколков деления и позволяет вести просмотр облученных эмульсий при увеличении 150-200 X, что существенно повышает скорость просмотра.

1.2. В работе по исследованию процессов фрагментации и деления при взаимодействии быстрых частиц с ядрами вещества, а также при изучении состава тяжелой космической компоненты, возникла задача идентификации и дискриминации следов многозарядных ионов, близких по заряду. Для этой цели обычно применяют довольно трудоемкие и требующие специальной аппаратуры методы фотометрирования. Нами была применена несколько иная методика с применением низкочувствительной эмульсии и пороговых режимов обработки для ионов с различными

энергетическими потерями. В основе ее лежит использование связи между длиной видимой части остаточного пробега иона и минимальной величиной энергетических потерь иона в эмульсии, при которых след проявляется. На рис.1 приведена зависимость удельных энергетических потерь (dE/dx) для различных ионов от остаточного пробега иона в эмульсии /6/. Очевидно, что длина видимой части следа у разных ионов будет различной при обработке в одном и том же дискриминационном режиме. Используя кривые $dE/dx - R$, удалось проводить идентификацию ионов достаточно точно (с $\Delta Z = \pm 2$) и быстро, не прибегая к трудоемкой процедуре фотометрирования /7/.

Наилучшие результаты были получены при использовании низкочувствительной эмульсии P_8 , железooksалатного проявителя с $E_{\text{ox/Red}} = -235 \text{ мВ}$ и с предварительной пропиткой в растворе бромистого калия соответствующей концентрации. Шесть различных по интенсивности режимов проявления приведены в таблице 1 (рис.2).

Таблица 1

№№ пп	Режим пропитка	обработки проявление	Порог диск- римина- ции, Мэв/мк	Наиболее легкая ре- гистрируе- мая частица	Зарегист- рирован- ный оста- точный пробег дан- ного иона, мк
1	2	3	4	5	6
1.	H_2O $t = 15^\circ\text{C}$ 60 мин	$t = 15^\circ\text{C}$ амидол 3г сульфит нат- рия 12 г лимонная кис- лота 2 г вода до 1л	0,25	α	α -15-20мк

1	2	3	4	5	6
2.	0,3% КВч t = 15°C 60 мин	t = 15°C железооксалат- ный проявитель, 60 мин	0,6	В	В - 45мк N - 65мк
3.	0,3% КВч t = 15°C 60 мин	t = 10°C железооксалат- ный проявитель, 60 мин	1,0	N	N - 40мк O - 60мк
4.	0,6% КВч t = 15°C 60 мин	t = 10°C железооксалат- ный проявитель, 60 мин	1,7	Ne	O - 10мк Ne - 38мк
5.	7,5% КВч t = 10°C 60 мин	t = 10°C железооксалат- ный проявитель, 90 мин.	4,0	Ar	Ar - 40мк
6.	15% КВч t = 10°C 60 мин	t = 10°C, железооксалат- ный проявитель, 90 мин.	5,0	Ar	Ar - 5-10мк

Калибровка (определение порога дискриминации и величины зарегистрированного остаточного пробега) производилась с помощью облучения эмульсий разными ионами на циклотроне У-300 ЛЯР.

В основе дискриминационного проявления лежит одновременное, но с разными скоростями, протекание химического и физического процессов проявления около кристалла бромистого серебра. Увеличение концентрации ионов брома в эмульсионном слое путем пропитки в растворе бромистого калия понижает скорость химического и повышает скорость физического проявления. Концентрации растворов бромистого калия, которыми до проявления создавалась определенная концентрация ионов брома в эмульсии, и режим обработки подбирались экспериментально.

Данная методика может быть использована также для определения биологической дозы космического излучения.

II.

В последние годы в экспериментальной ядерной физике получили распространение диэлектрические детекторы заряженных частиц. Начало разработки этой методики было положено Силком и Барнесом^{/8/}, Прайсом, Уокером^{/9/}, которые применили слюду для регистрации следов осколков деления. Но ввиду того, что в то время еще не умели устранять высокий фон следов от осколков деления примесных ядер урана и других делящихся веществ, этот детектор не нашел широкого использования в исследованиях ядерных взаимодействий. Возникла задача поиска новых детекторов и способа устранения собственного фона известных детекторов.

Во II главе диссертации приводятся результаты, полученные при разработке диэлектрических детекторов для регистрации и дискриминации ионов и осколков деления в различных физических экспериментах, проводимых в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. В обзорных параграфах этой главы приведены литературные данные о механизме образования следа иона в диэлектрике, о чувствительности, режимах обработки, способах обнаружения следа и применения детекторов в различных областях исследований.

2.1. Обычно к диэлектрическим детекторам, используемым в физических экспериментах с тяжелыми ионами, предъявляются следующие требования:

- 1) достаточно высокая эффективность регистрации;
- 2) низкое содержание делящихся веществ в детекторе;
- 3) отсутствие чувствительности к легким заряженным частицам, нейтронам и γ -лучам;
- 4) отсутствие фона за геологический период образования вещества и фона, имитирующего событие, возникающее за счет механических повреждений поверхности;
- 5) термостойкость, задаваемая условиями опыта;

б) достаточно высокая скорость просмотра.

С этой точки зрения были исследованы силикатные, фосфатные, кварцевые стекла, лавсан (полиэтиленгликольтерефталат) и слюда^{10,11/}. В таблице 2 приведены характеристики указанных детекторов.

2.2. В диссертации приведены разработанные нами рецепты и режимы обработки различных детекторов, учитывающие различные условия экспериментов, в которых они используются.

Для быстрого поиска редких событий деления ядер (например, ядер 104 элемента) разработан индикаторный метод просмотра лавсановой пленки, которая служит детектором^{12/}. После экспонирования пленка, толщиной 15-20 мк, обрабатывается в растворе КОН таким образом, чтобы получить сквозные следы от осколков деления (рис.3). Затем эта пленка накатывается на специальный слой мелкозернистой эмульсии, пропитанный раствором индикатора бромкрезола или бромфенола, который в щелочной среде имеет синюю окраску. Эмульсия представляет собой тонкий желатиновый слой с равномерно распределенными в ней кристаллами $BaSO_4$ размером $\approx 0,08$ мк. На поверхность наклеенной лавсановой пленки наносится тонкий слой кислоты. Кислота проникает по сквозным каналам следов осколков деления в лавсане к индикаторному слою и окрашивает его в желтый цвет. Образуются пятна размером 1-2мм, которые можно наблюдать невооруженным глазом. Описанная методика позволила производить просмотр экспонированного материала со скоростью ~ 300 см²/час.

2.3. В диссертации подробно рассмотрены возможности снижения уровня фона в детекторах. Правильный режим травления уменьшает вероятность возникновения событий, имитирующих случаи деления. Уменьшение концентрации делящихся примесей в детекторе также ведет к снижению фона, особенно, если детекторы должны работать в условиях высокого нейтронного фона. И, наконец, нагревание при определенной температуре до экспозиции и длительное травление позволяют устранить

Таблица 2.

Свойства детекторов	Стекло силикатное	Стекло фосфатное	Слюда мусковит	Слюда фторфлогопит	Кварцевое стекло	Лавсан
	~13	~13	~11	~11	~13	~4
1. Чувствительность детекторов, Мэв/мг/см ²	~13	~13	~11	~11	~13	~4
2. Эффективность регистрации следов осколков деления, %	42±3	90±6	95±5	88±5	65±7	88±7
3. Термостойкость детекторов по отношению к регистрации следов осколков деления, °C	150-200	150-200	600	600	700	100
4. Содержание урана, мкг/см ²	0,5-1,0	~10 ⁻²	(1-2)10 ⁻²	~10 ⁻²	(2-4)10 ⁻³	1,5·10 ⁻⁴
5. Фон за геологическое время, лт/см ²	0	0	10·10 ⁵	0	0	0
6. Режим травления, давший фон имитирующий события (механические повреждения поверхности)	сильное травление	сильное травл.	слабое травл.	слабое травл.	дефекты поверхн.	слабое травление дефекты поверхности
7. Скорость просмотра при поисках редких событий, см ² /час	~15	~10	~15	~5	~7	~300

фоновые события, образованные ранее. В частности, показано, что нагревание слюды-мусковита при температуре $\sim 600^\circ\text{C}$ в течение ~ 6 часов и последующее длительное травление в концентрированной плавиковой кислоте в течение ~ 70 часов при комнатной температуре, позволяют устранить фон, который образуется при делении примесей урана за геологический период существования слюды /13/.

2.4. Диэлектрические детекторы, так же как и ядерные эмульсии, различаются по чувствительности к тяжелым заряженным частицам с различными удельными потерями. Это позволяет проводить дискриминацию частиц с помощью различных детекторов, что, однако, не всегда удобно. Поэтому мы пытались провести дискриминацию с помощью соответствующей обработки, в основе которой лежало предположение, что ионы с различными удельными потерями энергии образуют каналы различного диаметра /14/.

Исследовались две возможности разделения следов ионов и осколков деления. Первая связана с использованием влияния нагревания на структуру каналов. В связи с этим детекторы из слюды, облученные ионами аргона и осколками деления, после экспозиции нагревали при различных температурах. Показано, что следы аргона устраняются полностью при температуре 400°C , в то время как следы осколков деления сохраняют свою длину и размеры (рис. 4,5).

Вторая возможность связана с различной скоростью усиления каналов различных размеров с помощью травителя. На слюде с помощью соответствующего режима травления (30 сек в 48% HF при $t \approx 90^\circ\text{C}$) удалось дискриминировать следы ионов аргона и осколков деления.

Обе методики (избирательный отжиг и слабое травление) дискриминации следов осколков деления от ионов аргона были использованы в экспериментах по исследованию тройного деления ядер урана, золота и тория в реакциях с ионами аргона /15/.

III

В диссертации показано несколько примеров специфики применения ядерных эмульсий и диэлектрических детекторов в экспериментах, проводимых в Лаборатории ядерных реакций.

3.1. Радиография препаратов, содержащих делящиеся ядра. При проведении такого рода работ применяются как диэлектрические детекторы, которые легко позволяют определять количество и распределение по площади случаев деления, так и ядерные эмульсии, когда необходимо проводить измерения угловых или энергетических распределений осколков деления. С помощью диэлектрических детекторов производились измерения количества и распределение по площади вещества на мишенях из ^{240}Pu , ^{242}Pu , определялась концентрация ^{244}Cm в мишенях из $^{241,243}\text{Am}$. Ошибка в измерении количества вещества составляла $\pm 10\%$.

При изучении химических свойств менделевия и фермия /16,17/ в экспериментах были использованы как ядерные эмульсии, так и стеклянные детекторы.

Для выполнения таких опытов необходимо было иметь распределение ядер менделевия и фермия по каплям, в связи с чем возникла проблема регистрации деления от большого числа капель - до 50 одновременно. Капли, содержащие ядра ^{256}Md и ^{256}Fm , наносились на тефлоновые подложки, высушивались и прикладывались к детектору - фотоэмульсии или стеклу. Детекторы обрабатывались по приведенным в диссертации методам и просматривались под микроскопом. Был получен спектр длин следов осколков деления ^{256}Fm и определено распределение ядер по каплям /16/.

3.2. Измерение периодов полураспада спонтанно делящихся ядер.

С помощью ядерных эмульсий было проведено измерение периода спонтанного деления ^{248}Cf /18/. Он оказался равным $(3,4 \pm 1,5) \cdot 10^5$ лет. Повторные измерения периода с помощью слюдяных детекторов подтвердили этот результат.

3.3. Исследование свойств спонтанно делящихся изомеров.

Ядерные эмульсии и диэлектрические детекторы широко использовались при изучении физических свойств спонтанно-делящихся изомеров, в частности ^{242m}Am , ^{240m}Am , ^{232m}Am , ^{234m}Am , ^{228m}Np , ^{246m}Cf и др. /1,2,19,20/.

В качестве примера применения диэлектрических детекторов можно привести эксперименты по изучению реакции $^{243}\text{Am} (\alpha, 2n) ^{242m}\text{Am}$ и $^{241}\text{Am} (\alpha, \gamma) ^{242m}\text{Am}$ /21,22/.

Опыты проводились в условиях высокого нейтронного фона ($\approx 5 \cdot 10^9$ н/см²), поэтому к детектору предъявлялись повышенные требования в отношении фона. В качестве детектора была слюда. Фон складывался: из собственного фона детектора (за геологический период существования вещества), который устранялся предварительным нагреванием и травлением; из фона от осколков деления делящихся примесей в слюде ($\approx 1,2 \cdot 10^2$ мкг/см³ ^{238}U , который дает за 20-часовую экспозицию на 6 детекторов один след) и фона от спонтанного деления вещества мишени. Последний оказался наибольшим.

Вклад полного фона в эффект составлял 5-10%. Для примера на рис.6 приведена полученная в опыте кривая распада ^{242m}Am /21/.

3.4. Использование диэлектрических детекторов для идентификации элемента $^{260}_{104}$

В опытах по физической идентификации элемента $^{260}_{104}$ и при изучении его химических свойств /23,24/ были использованы диэлектрические детекторы: фосфатное стекло, лавсан, слюда. Ввиду того, что сечение образования элемента $^{260}_{104}$ мало ($\approx 10^{-34}$ см²), то и детекторы должны обладать высокой эффективностью регистрации, малым собственным фоном, иметь большую площадь, чтобы регистрировать редкие события и проводить анализ спонтанно делящихся продуктов по периодам полу-

распада. Осколки деления на первых детекторах регистрировались вблизи мишени, где температура достигала $\approx 100^\circ\text{C}$ и была высокая доза излучений. Поэтому детекторы в этих опытах должны были быть достаточно термостойкими и регистрировать частицы с $A \gg 20$.

Этим требованиям в достаточной степени отвечали фосфатное стекло и лавсановая пленка. Собственный фон их очень мал, так как они изготовлены из очищенных от делящихся элементов химикатов. Нагревание до 100°C не изменяло характеристик следа у фосфатного стекла, поэтому на первых 10 см стоял этот детектор во всех опытах. Эффективность регистрации фосфатного стекла была $(75 \pm 10)\%$, а скорость просмотра ~ 10 см²/час. Лавсан просматривался с помощью ранее описанной индикаторной методики со скоростью ~ 300 см²/час, а эффективность регистрации равнялась $(50 \pm 10)\%$.

Регистрация координат и углов вылета осколков деления в детекторах позволяет определить время между образованием и распадом ядер, получающихся в результате реакции, а затем определить период полураспада.

В этих экспериментах были зарегистрированы ядра с периодом полураспада $\sim 0,3$ сек и с сечением образования $2 \cdot 10^{-34}$ см².

При проведении экспериментов по химической идентификации $^{260}_{104}$ элемента необходимо было обеспечить регистрацию актов деления при высокой температуре порядка 350°C в течение нескольких суток в химически агрессивной среде соединений NbCl_5 и ZrCl_4 /24/. Слюда мусковит, как детектор, в наибольшей степени удовлетворяла требованиям эксперимента.

Ввиду малого сечения реакции образования $^{260}_{104}$ элемента и за счет распада ядер в результате относительно длительной очистки от фоновой активности, число регистрируемых актов деления было чрезвычайно мало. Учитывая это, необходимо было устранить любой фон, связанный с детектором.

Для устранения фона от деления примесных ядер урана за геологический период времени существования слюды, ее обрабатывали по указанной выше методике. Оценка содержания урана в слюде показала, что при существовавшем нейтронном фоне опыта количество следов осколков деления примесных ядер урана не будет опасно большим.

Детекторы располагались в кассете друг против друга, что позволяло вести поиск случаев совпадения осколков деления. Зазор между ними был 6 мм. На рис.7 показана зависимость эффективности регистрации осколков деления различными детекторами от воздушной прослойки между детектором и мишенью. Слюда в этой геометрии имеет (75+10)%-эффективность регистрации одиночного осколка, а двух - (50+10)%.

Химическая обработка детекторов проводилась в 48% -растворе в течение 3 часов при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Всего было зарегистрировано свыше 30 актов деления.

Таким образом, слюда явилась детектором, отвечающим поставленным экспериментом требованиям, и с ее помощью были проведены эксперименты по изучению химических свойств элемента курчатовия.

Основные результаты и выводы состоят в следующем:

1. Разработана методика дискриминации осколков деления на большом фоне α -частиц ($\approx 10^{11}$ а/см²), нейтронов ($\approx 10^{14}$ н/см²) и γ -лучей (~ 150.000 рентген) на эмульсии P_8 и T_1 с помощью окисления центров скрытого изображения и порогового проявления в железосоосалатном проявителе с $E_{\text{ox/Red}} = -235$ Мэв.

2. Разработана методика дискриминации многозарядных ионов по удельным потерям энергии в мелкозернистой низкочувствительной эмульсии P_8 (РИАН) с помощью порогового проявления в железосоосалатном проявителе с предварительной пропиткой в растворах бромистого калия различной концентрации. Методика основана на одновременных, но протекающих с различными скоростями физическом и химическом проявлении при окислительно-восстановительном потенциале проявляющего раствора $E_{\text{ox/Red}} = -235$ мв.

Указанная методика позволяет дискриминировать ионы $\Delta Z = +2$ и $\Delta \frac{dE}{dx} = +0,2$ Мэв/мк.

3. Разработана методика регистрации деления ядер с помощью аморфных сред, содержащих SiO_2 и P_2O_5 .

4. Разработана индикаторная методика быстрого поиска редких событий деления ядер с помощью лавсановой пленки.

5. Разработана методика удаления фоновых событий на слюде с помощью предварительного нагревания и травления.

6. Разработана методика дискриминации следов-осколков деления и аргона в слюде-мусковит с помощью термообработки после облучения, позволяющая вести поиск тройного деления ядер при взаимодействии их с тяжелыми ионами.

7. Показана возможность использования методики дискриминации многозарядных ионов в эмульсии P_8 для определения состава тяжелой компоненты первичного космического излучения, определения биологической дозы в космических полетах, для изучения ядерных реакций с высокоэнергетичными частицами.

8. Разработанные методики регистрации осколков деления были использованы для исследования явления спонтанного деления ядер из возбужденных состояний, синтеза и идентификации элемента 104 физическими и химическими методами, измерения периодов полураспада спонтанно делящихся трансурановых ядер и в ряде других экспериментов.

Диссертация написана по материалам работ /1-5, 10-14; 16; 18; 21-23/.

Л и т е р а т у р а

1. В.П.Перельгин, С.П.Алмазова (Третьякова), Б.А.Гвоздев, Ю.Т.Чубурков, ЖЭТФ, т.42, вып.6. 1472 (1962).
2. В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, ЖЭТФ, 45, вып.4(10), 863 (1963).
3. С.П.Алмазова (Третьякова), В.П.Перельгин ПТЭ, 2, 63 (1963).

4. В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, VI International Conference on Corpuscular Photographie, Florence, July 19-23 (1966), ed С.Е.Р.И. Roma, 125-126 (1967).
5. Я.М.Веприк, С.П.Алмазова (Третьякова), М.И.Трухин, Г.П.Фаерман. сб.Ядерная фотография изд.АН СССР, 302, М(1962).
6. Н.Н.Неckman, В.Perkins et al., Phys.Rev., 117, N2, 544 (1960).
7. С.Пауэлл, П.Фаулер, Д.Перкинс. Исследование элементарных частиц фотографическим методом, 122 (1962).
8. E.C.H.Silk, R.S.Barnes, Phil. Mag., 4, 970 (1959).
9. P.V.Price, R.M.Walker, Phys.Letters, 3, 113 (1962).
10. В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, И.Звара. Препринт ОИЯИ, P-1323, Дубна (1963); ПТЭ №4, 78 (1964).
11. А.Капусник, В.П.Перельгин, С.П.Третьякова. Препринт ОИЯИ, P-1433, Дубна (1963); ПТЭ, №5, 72-75 (1964).
12. А.Капусник, В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, ПТЭ, №1, 70 (1968).
13. А.Капусник, В.П.Перельгин, В.И.Свидерский, С.П.Третьякова. Препринт ОИЯИ P-2705, Дубна (1966).
14. А.Капусник, В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, Н.Х.Шадиева. VI International Conference on Corpuscular Photography, Florence, July 17-23 (1966), ed CERI-ROMA, 458-460 (1967).
15. В.П.Перельгин. Аннотации сообщений на XIX и XX совещаниях фотоэмульсионного комитета. Препринт ОИЯИ, 3501, Дубна, 1967.
16. В.П.Перельгин, С.П.Третьякова. Препринт ОИЯИ P-1118, Дубна (1962). ПТЭ, №5, 73 (1963).
17. Л.Микульский, К.А.Гаврилов, Nucleonica IX, N10, 786 (1964).
18. В.П.Перельгин, С.П.Третьякова, Г.И.Хлебников. Препринт ОИЯИ P-1635, Дубна (1964).
19. В.П.Перельгин. Диссертация ОИЯИ, Дубна (1965).
20. С.М.Поликанов. Диссертация ОИЯИ, Дубна (1967).
21. Г.Н.Флеров, А.А.Плеве, С.М.Поликанов, С.П.Третьякова, И.Вылкова, Н.Вылков, Н.Марталогу, Д.Поенару, М.Сезон. Препринт Института атомной физики CRD - 32 (1966), г.Бухарест.
22. Г.Н.Флеров, А.А.Плеве, С.М.Поликанов, С.П.Третьякова, И.Бока, М.Сезон, И.Вылкова, И.Вылков. Препринт Института атомной физики CRD -34 (1967), Бухарест.

23. Г.Н.Флеров, Ю.Ц.Оганесян, Ю.В.Лобанов, В.И.Кузнецов, В.А.Друин, В.П.Перельгин, К.А.Гаврилов, С.П.Третьякова, В.М.Плотко. Атомная физика 17, 310 (1964).

24. И.Звара, Ю.Т.Чубурков, Р.Цалетка, Т.С.Зварова, М.Р.Шалаевский, Б.В.Шилов. Препринт ОИЯИ Д-2710, Дубна (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
23 февраля 1968 года.

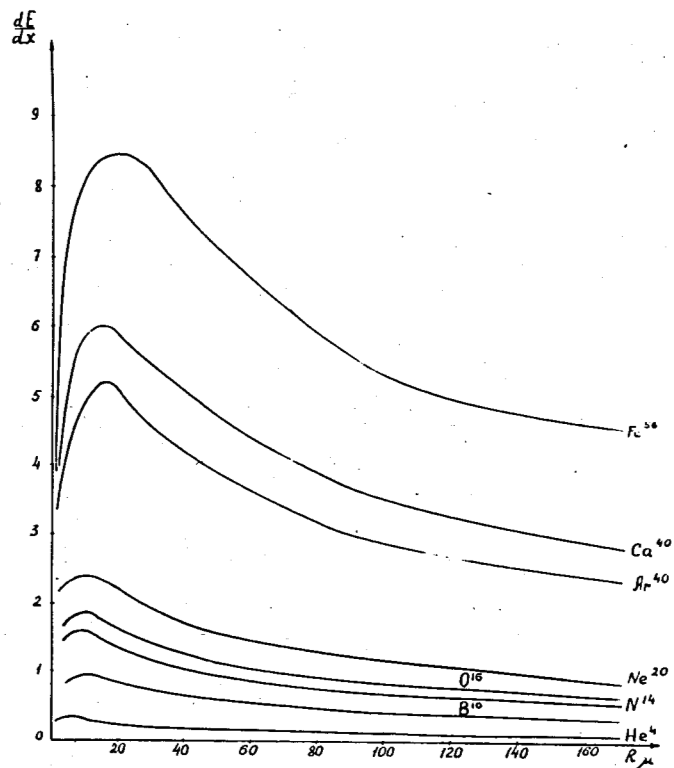


Рис.1. Зависимость удельных энергетических потерь (dE/dx) для различных ионов от остаточного пробега иона в эмульсии.

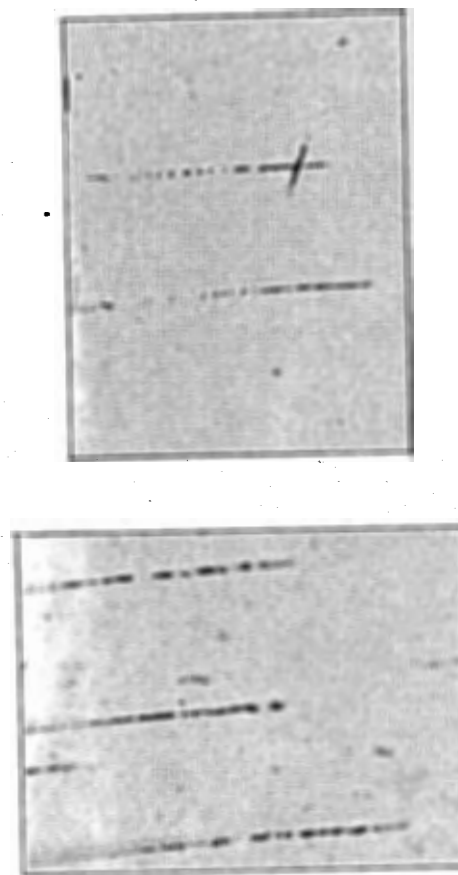


Рис.2. Фотография следов ионов: а) ^{22}Ne и б) ^{40}Ar в эмульсии П8, обработанной в режиме 4 (таблица 1).

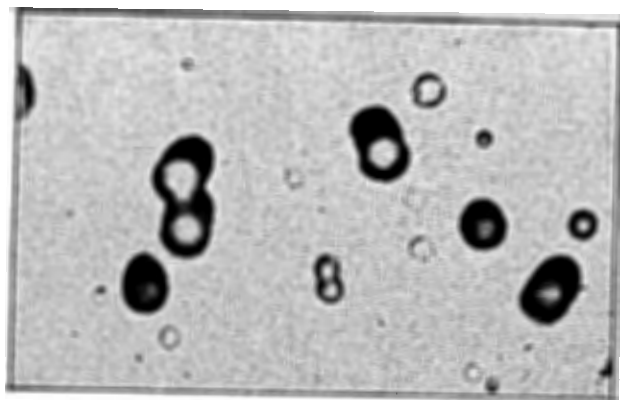


Рис.3. Фотография сквозных следов осколков деления на лавсановой пленке.

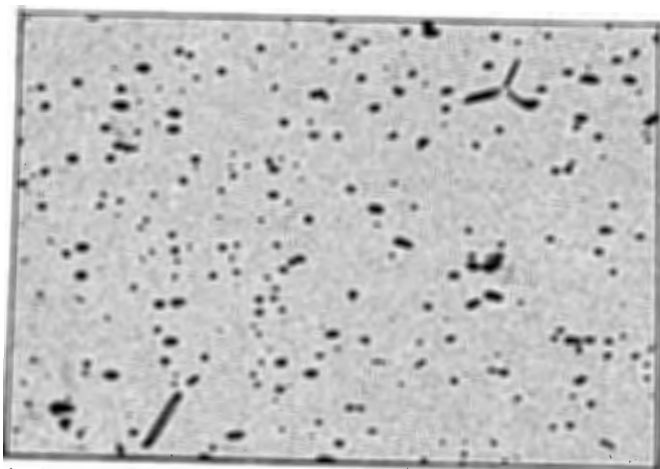


Рис.4. Фотография следов осколков деления и следов ионов аргона в слюде после нагревания ее при 400°C в течение 2 часов.

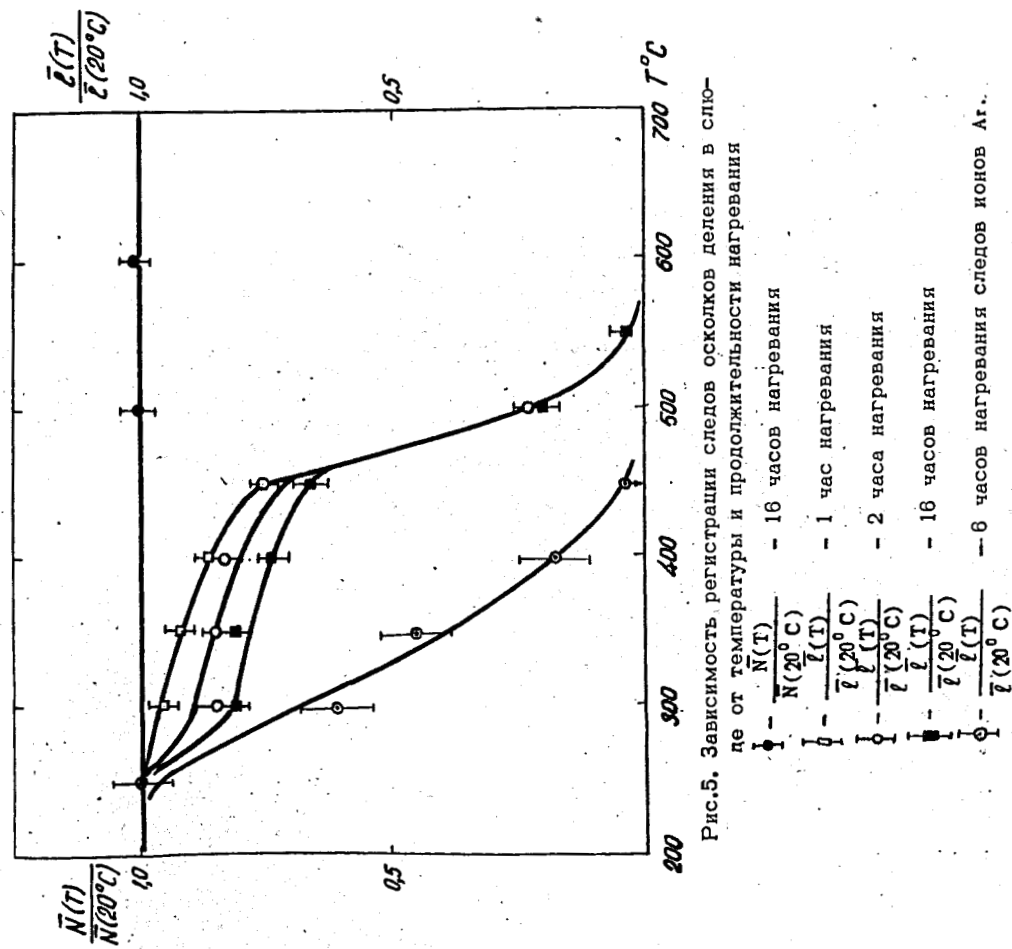


Рис.5. Зависимость регистрации следов осколков деления в слюде от температуры и продолжительности нагревания

- $\frac{N(T)}{N(20^\circ\text{C})}$ — 16 часов нагревания
- $\frac{l(T)}{l(20^\circ\text{C})}$ — 1 час нагревания
- $\frac{l(T)}{l(20^\circ\text{C})}$ — 2 часа нагревания
- $\frac{l(T)}{l(20^\circ\text{C})}$ — 16 часов нагревания
- $\frac{l(T)}{l(20^\circ\text{C})}$ — 6 часов нагревания следов ионов Ar.

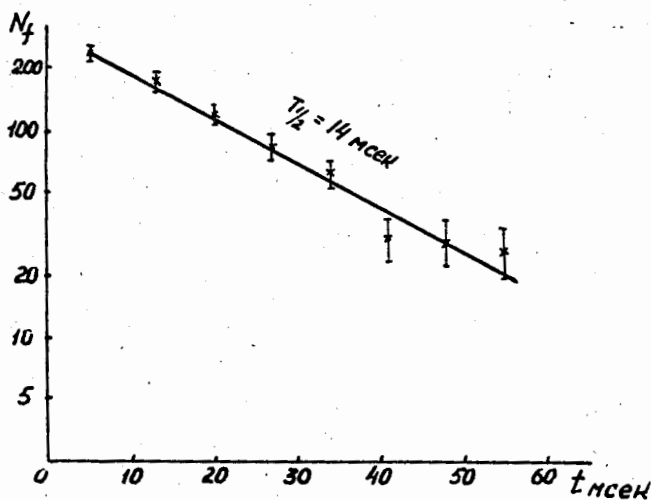


Рис.6. Кривая распада ^{242m}Am .

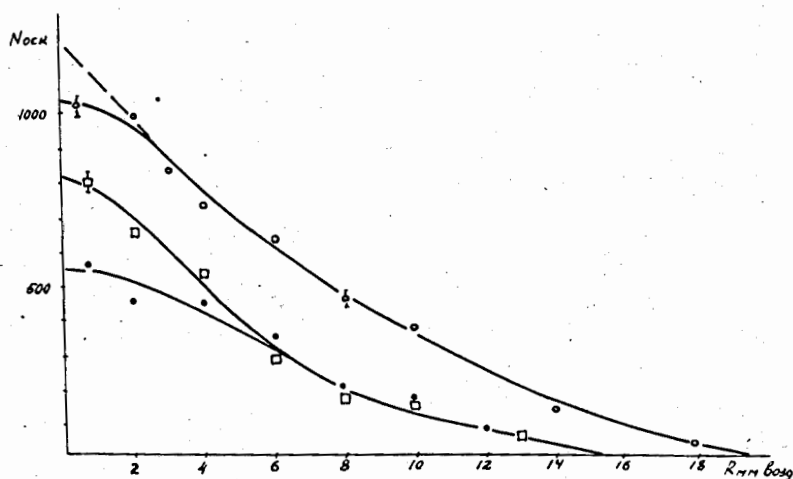


Рис.7. Зависимость числа зарегистрированных осколков в различных детекторах от воздушного промежутка между источником осколков и детектором. \circ - слюда мусковит. Пунктирная линия показывает эффективность регистрации осколков деления при бесконечно тонком препарате; \square - кварцевое стекло; \bullet - силикатное стекло.