

ИНДЕКС 3649

Препринт ЕФН-1287(73)-90

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE

В. И. ЗАХАРОВ, Р. Л. КАВАЛОВ, О. Ф. ПОГОСОВА,
В. С. ПОГОСОВ

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР ^{209}Bi НА ДВА И ТРИ
СОИЗМЕРИМЫХ ПО МАССЕ ОСКОЛКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ТОРМОЗНЫХ ФОТОНОВ С МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ
4,5 ГЭВ



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЦНИИ Атоминформ
ЕРЕВАН-1990

ԶՎ. Ի. ԶԱՅԱՐՈՎ, Ռ. Լ. ՎԱՎԱՆՈՎ, Օ. Ֆ. ՊՈՂՈՍՈՎ,

Վ. Ս. ՊՈՂՈՍՈՎ

209

Bi Միջուկի ըստ ձանգվածի երկու եվ երեք շտապեցված

Բեկորների բաժանման ռիսոնանսային ֆոնոնների 4,5 ԳէՎ ՄԱՔՍԻ-
ՄԱԼ էներգիանով ԱՐԳԵԼԱՄԱՅԻՆ ՖՈՏՈՆՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ

Վիսմուտի միջուկներով պատվաստված միջուկային ֆոնոնային լարերի
ճառագայթվել է սրգելակային γ -բաժանների ֆնշով, 4,5 ԳէՎ սահմա-
նային էներգիայով: Ուսումնասիրվել են վիսմուտի միջուկի քայքայում
ըստ զանգվածի երեք շտապեցված բեկորների, ինչպես նաև բինար բաժան-
ման ոչ-կոլինեար դեպքերը:

Երևանի ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1990

* Նվազի անվ. ռադիոլուցի ինստիտուտ, Լենինգրադ

Исследование взаимодействия частиц промежуточных энергий с ядрами представляет возможность изучать свойства ядерной материи. Немаловажное место в этих исследованиях уделено экспериментам, в которых в конечном состоянии регистрируются массивные продукты развала ядра [1-6]. В отличие от обычного процесса деления, который происходит и при низких энергиях, при промежуточных энергиях наблюдаются случаи, когда суммарная масса двух регистрируемых осколков заметно меньше массы ядра мишени, что свидетельствует о больших нуклонных потерях [7-9]. Процесс бинарного деления, сопровождающийся большими нуклонными потерями, получил название "violent fission" [10]. Как свидетельствуют эксперименты [7,9], величина нуклонных потерь в таком процессе может достигать значений, необходимых для формирования третьего массивного осколка. Возможно, что в последнем случае мы имеем дело с развалом ядра на три осколка, один из которых является ядерно нестабильным и разваливается на отдельные нуклоны и легчайшие ядра еще на стадии ускорения массивных осколков под действием кулоновских сил [11,14].

В определении связи процесса " violent fission " с развалом ядра на три осколка представляет интерес поиск деления ядра на три стабильных осколка. В экспериментах [7,8] показано, что наблюдаемый в них процесс деления на три стабильных осколка происходит более чем на порядок реже процесса " violent fission " и что вероятность обоих процессов возрастает с увеличением энергии налетающих протонов.

В проведенных до сих пор экспериментах в качестве налетающих частиц использовались протоны и ядра. В настоящем эксперименте использовался пучок γ - квантов, что может дать дополнительную информацию о природе исследуемого явления [13].

I. Методика эксперимента

Измерения проводились на пучке тормозных γ - квантов Ереванского электронного синхротрона с граничной энергией 4,5 ГэВ. Облучались слои фотоэмульсии, имплантированной ядрами ^{208}Bi , изготовленной в Радиовом институте им. В. Г. Хлопина (г. Ленинград). Использовалась фотоэмульсия типа П90 толщиной ~ 100 мк. Для повышения порога чувствительности фотоэмульсии ее перед проявлением обрабатывали 1%-ым раствором гидролизованной желатин [15]. Контрольные измерения показали, что порог чувствительности обработанной таким образом эмульсии соответствует максимальным ионизационным потерям фрагментов с зарядом $z = 10$. Это обеспечивает подавление фоновых событий, вызванных рассеянием осколков на ядрах J , N , O , входящих в состав эмульсии. Кроме того, высокий порог чувствительности позволяет облучать эмульсию потоком γ - квантов высокой интенсивности, сохраняя

при этом возможность ее просмотра. Для учета эффектов, связанных со взаимодействием γ - пучка с ядрами серебра и брома, облучаемая стопка содержала также слои эмульсии без висмута. Ниже приводятся результаты обработки данных, полученных на фотоэмульсии, облученной потоком тормозных γ - квантов, равным $\sim 10^{12}$ эквивалентных фотонов.

II. Результаты эксперимента

Исследовались события, содержащие два и более осколков деления. Для каждого события определялась суммарная длина треков - R . В результате обработки 1284 бинарных событий в эмульсии без висмута и 420 бинарных событий в эмульсии, содержащей висмут, были получены распределения по суммарной длине треков, которые представлены на рис. 1 и 2 соответственно. Сравнивая эти два распределения и предполагая, что все события с $R < 5$ мк связаны с ядрами Ag и Br , можно получить распределение по R для событий, связанных только с висмутом. Соответствующее распределение представлено на рис. 3.

Для выделения событий, которые можно было бы связать с процессом " violent fission ", обработано 150 событий с заметной неколлинеарностью. Эти события были выделены в результате просмотра 1300 полей зрения из общего количества 14000, охватывающего всю облученную область фотоэмульсии, содержащей висмут.

На рис. 4 представлено распределение по R для таких событий. Определялись средние $\langle R \rangle$ и ширина распределения на полувысоте (Δ^R) для каждого из рассмотренных выше классов событий. Результаты приведены в табл. I

Таблица 1

| Сумма длин треков характеристика | A_g, B_r (мкм) | B_l (мкм) | B_i неколлинеарн. |
|--|---------------------|----------------|------------------------|
| $\langle R \rangle \pm \delta \langle R \rangle$ | 4.5 ± 0.1 | 15.4 ± 0.3 | 17.7 ± 0.4 |
| $\Delta R \pm \delta(\Delta R)$ | 7.3 ± 0.14 | 13.0 ± 0.5 | 12.7 ± 0.7 |

В слое эмульсии, содержащей висмут, во всей облученной области было обнаружено 70 трехлучевых событий. Часть из этих событий могла быть имитирована перерассеянием осколков бинарного деления на ядрах A_g и B_r . Характерным для этих событий является то, что длина одного из треков, как правило, заметно превышает длины двух других. Таких событий оказалось 19. В остальных 51 событии длины треков оказались соизмеримыми. Фотография одного из таких событий представлена на рис.5.

На рис.6 приведено распределение по R трехлучевых событий с соизмеримыми длинами пробегов осколков деления.

Измерялись также углы ψ между соседними треками в таких событиях. Соответствующее распределение приведено на рис.7. Для событий тройного деления (трехлучевые события с треками соизмеримой длины) измерялся также параметр некопланарности K , определяемый как расстояние от вершины события до плоскости, проходящей между концами треков. Распределение по величине K приведено на рис.8. Фотография одного из трехлучевых событий с заметной некопланарностью приведена на рис.9.

В табл.2 приведены средние значения перечисленных выше величин, полученных из распределений, представленных на рис.6-8, а также значение ширины этих распределений на полувысоте.

Таблица 2

| | R , мкм | ψ , град | K , мкм |
|--|----------------|---------------|---------------|
| $\langle x \rangle \pm \delta \langle x \rangle$ | 29 ± 1 | 118 ± 4 | 0.4 ± 0.1 |
| $\Delta x \pm \delta(\Delta x)$ | 17.2 ± 1.7 | 63 ± 4 | 2.1 ± 0.2 |

Мы проводили сравнение результатов настоящей работы с данными работы [6], где изучалось взаимодействие протонов с энергией 1 ГэВ с ядрами урана, имплантированными в ядерную эмульсию. Приведенные выше распределения (рис.6-8) похожи на распределения соответствующих величин, полученных в работе [6]. Как и в случае [6], среднее значение суммы пробегов тройного деления $\langle R_{тр} \rangle$ заметно превышает аналогичную величину для двойного деления $\langle R_{дв} \rangle$ ($\langle R_{дв} \rangle = (15.4 \pm 0.3)$ мкм, $\langle R_{тр} \rangle = (29 \pm 1)$ мкм), что свидетельствует о том, что суммарная кинетическая энергия осколков тройного деления заметно превышает соответствующую величину для двойного деления. Заметим, однако, что существует и определенное отличие наших результатов от результатов работы [6]. Отношение общего числа тройных событий с осколками соизмеримой длины к числу всех бинарных событий на ядрах висмута в данной работе ($0.9 \cdot 10^{-3}$) заметно превышает значение аналогичной величины, полученной для ядер урана, в работе [6].

возможно, это связано с пороговым характером процесса тройного деления, который подтверждается в экспериментах с тяжелыми ядрами, где в качестве налетающих частиц использовались протоны разных энергий. В этих экспериментах при переходе от протонов с энергией 1 ГэВ к протонам с энергией 2 ГэВ наблюдается резкий скачок сечения тройного деления. Возможно и то, что это является просто следствием различия эффектов на ядрах висмута и урана.

Другим отличием результатов сравниваемых экспериментов является то, что ширина углового распределения в нашем случае больше, чем в работе [6], что также, возможно, является следствием участия в реакции более высокоэнергичных частиц. Для выявления пороговых эффектов мы предполагаем провести измерения также с пучком тормозных фотонов с меньшей граничной энергией. Кроме того, в настоящее время проводится более тщательная обработка событий бинарного деления с целью выделения событий, классифицируемых как "Violent fission". Как сообщалось, в работе [6] наблюдалось событие с четырьмя треками. В нашей же работе наблюдалось одно пятилучевое событие. На рис.10 приведена фотография этого события.

В заключение авторы благодарят А.Б.Акопову, Г.Е.Солякина, И.П.Филатова, Н.В.Маградзе за помощь и постоянный интерес к работе. Авторы благодарят также А.И.Асатрян и С.Л.Давтян за помощь в просмотре слоев фотоэмульсии.

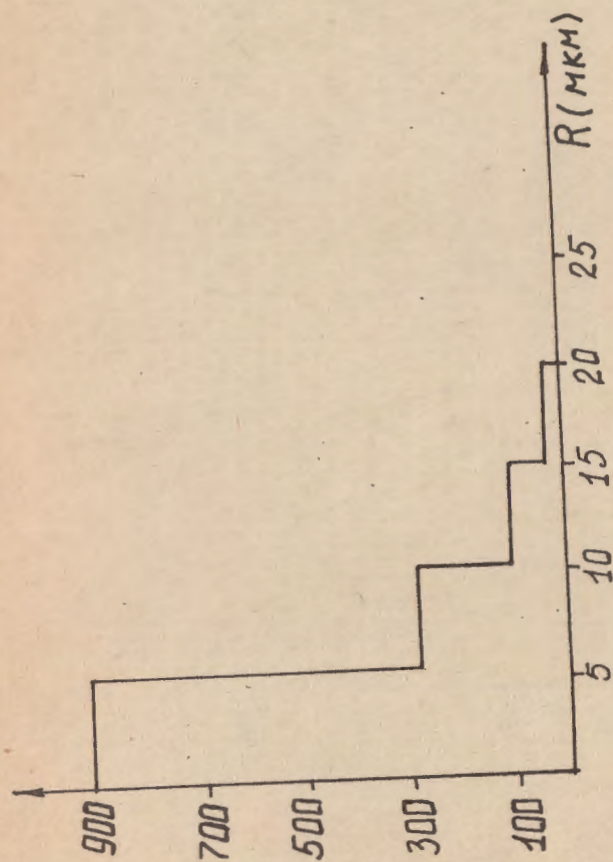


Рис.1

10

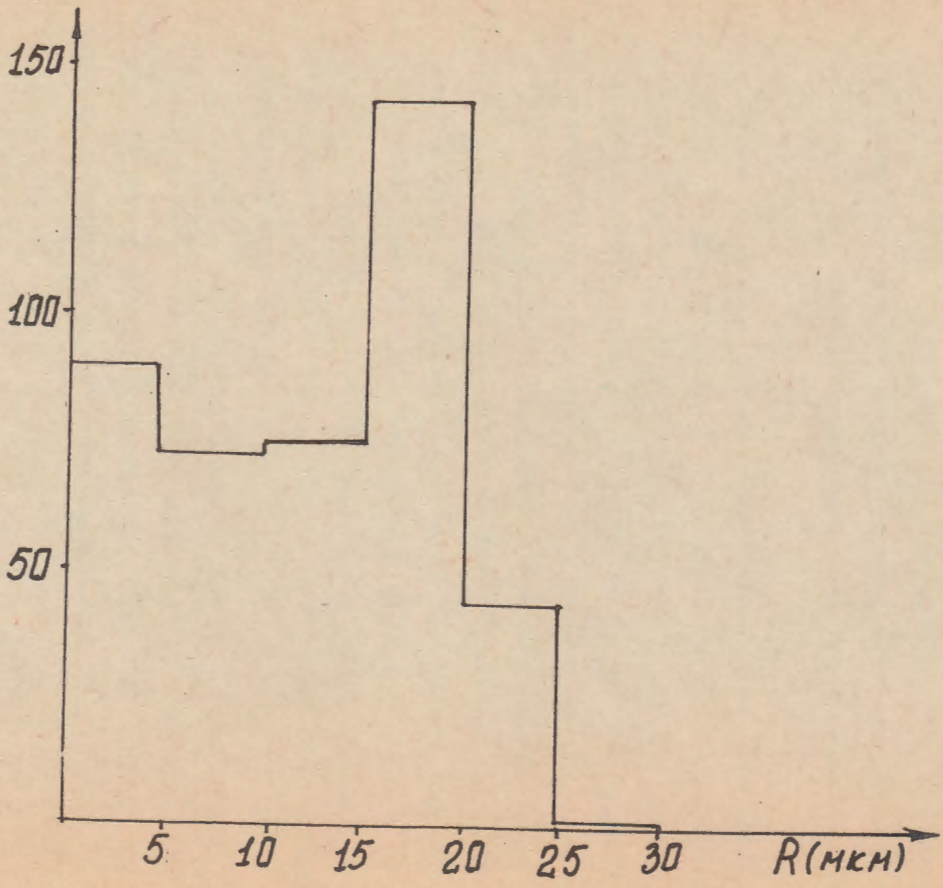


Рис. 2

11

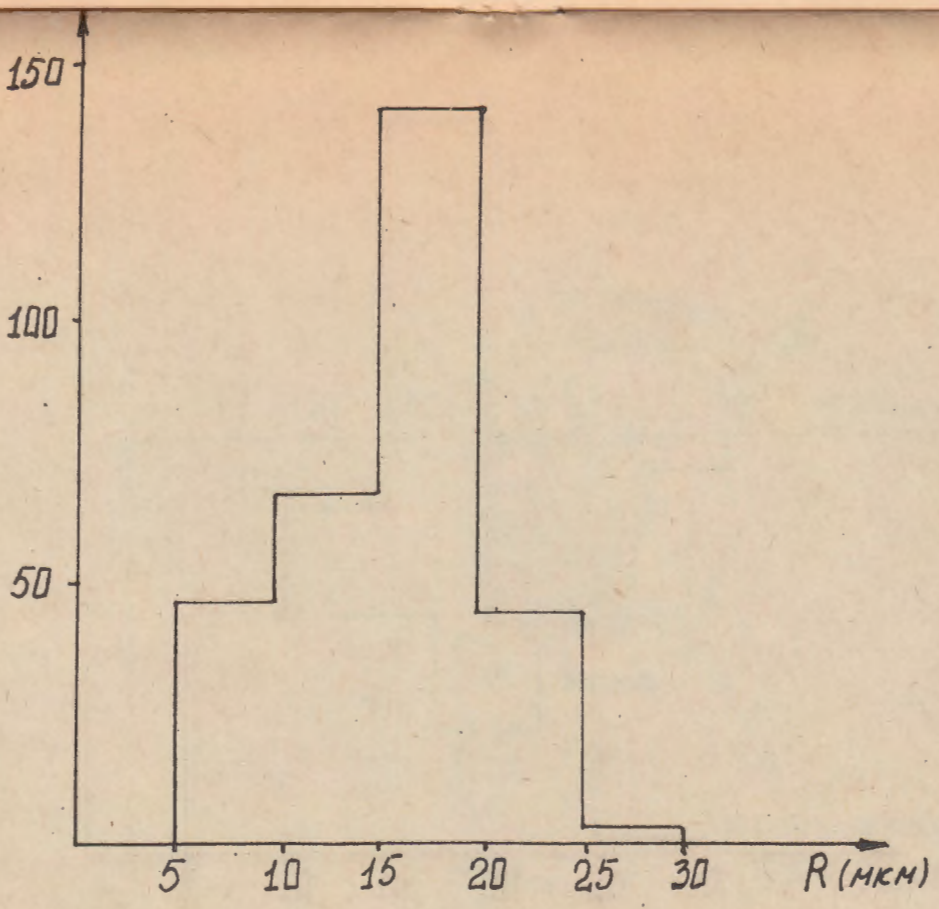


Рис. 3

2-х луг.
неколлинтарн.

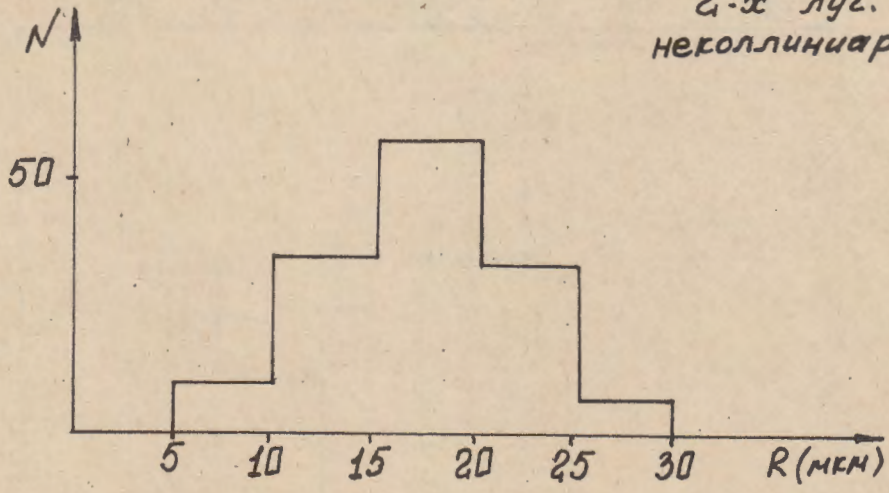


Рис.4

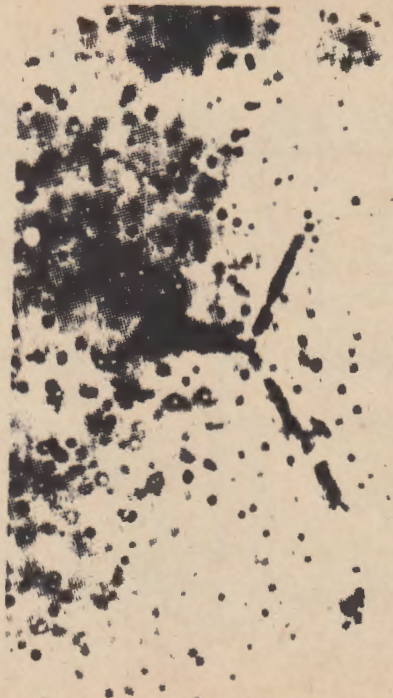


Рис.5

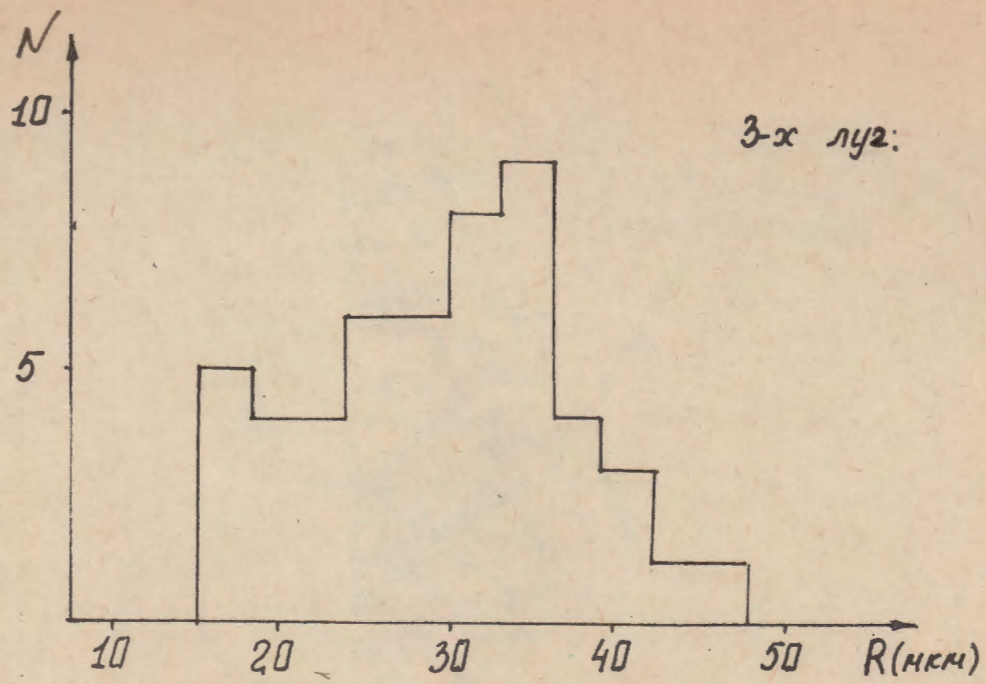


Рис.6

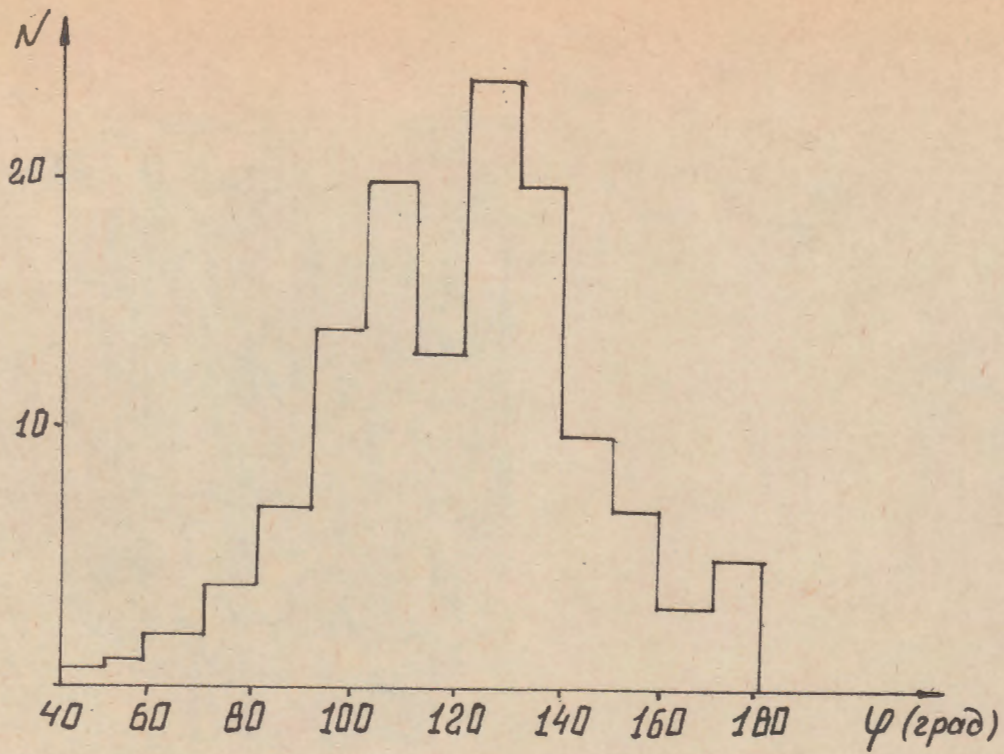


Рис.7

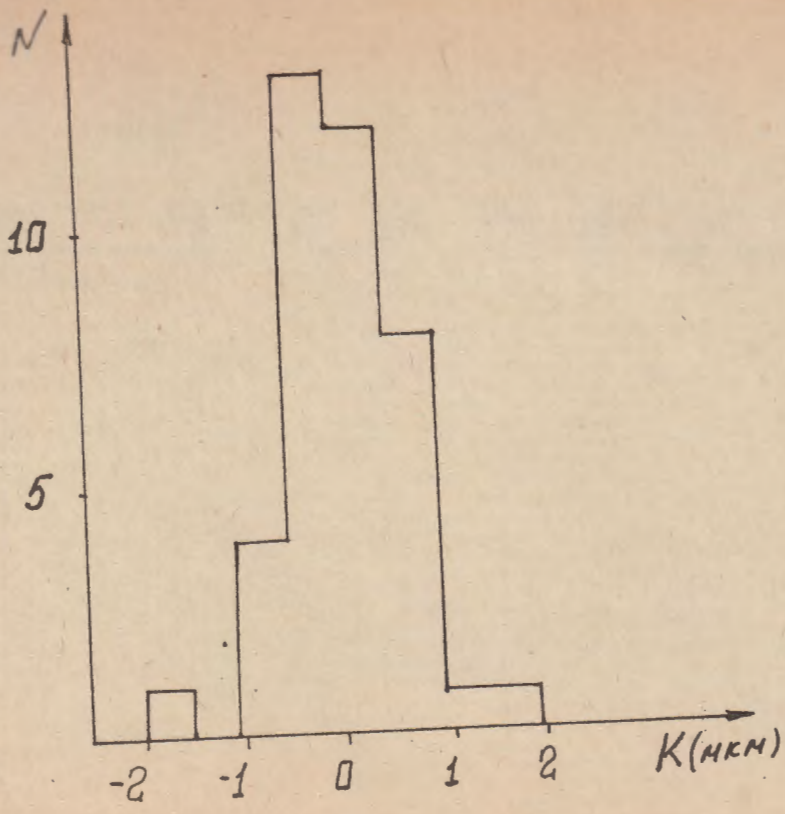
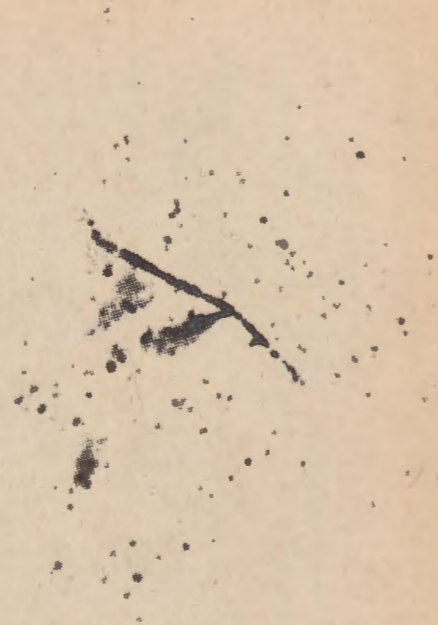


Рис. 8

Рис. 10



Рис. 9



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hudis J., Katcoff S. Phys. Rev., 180, 1969, p.1123
2. Rahimi F., Cheysary D., Remy G., Tripirt J., Ralarasy J., Debeauvais M. Phys. Rev., C8, 1973, p.1500.
3. Katcoff S., Hudis J. Phys. Rev. Lett., 28, 1972, p.1066.
4. Todorovic Z. Nuovo Cimento, 96A, 1988, p.316.
5. Khan H.A., Khan N.A., Peterson R.I. Phys. Rev., C35, 1987, p.645.
6. Филатов Н.П., Беловицкий Г.Е., Жданов А.А. и др. Препринт ЛИАФ-1404, Ленинград, 1988, с.23.
7. Wilkins B.D., Kaufman S.B., Steinberg E.P., Urbon J.A., Hendirson D.I. Phys. Rev. Lett., 43, 1979, p.1080.
8. Горшков Б.Л., Ильин А.И., Соколовский Б.Ю. и др. Письма в ЖЭТФ 1983, 37, 60.
9. Aleklett K., Loveland W., Lund T., Mc. Gaughay P.L., Seaborg G.T., Hagebo E., Haldorsan I. Phys. Rev., C33, 1986, p.85.
10. Hufner J. Phys. Rep., 125, 1985, p.129.
11. Солякин Г.Е. Вопросы атомной науки и техники, серия : Ядерные константы, вып. I, 58.
12. Solyakin G.E., Preprint LNPI-1504, Leningrad, 1989.
13. Birbraiz B.L., Gridnev A. B., Solyakin G.E. Journal of Physics G7, 1984, Nuclear Physics 10, L 197.
14. Захаров В.И., Солякин Г.Е., Филатов Н.П. Материалы II Всесоюзной школы-семинара по твердотельным трековым детекторам и автордиографии, 1989, Одесса, 1-7 июня, тезисы доклада, 37.
15. Захаров В.И., Новикова Н.Р., Перфилов Н.А. Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии, 1975, 20, 272 .

Рукопись поступила 19 июля 1990 г.

В.И.ЗАХАРОВ,Р.Л.КАВАЛОВ,О.Ф.ПОГОСОВА,В.С.ПОГОСОВ
ИЗУЧЕНИЕ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР ^{209}Bi НА ДВА И ТРИ СОИЗМЕРИМЫХ
ПО МАССЕ ОСКОЛКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТОРМОЗНЫХ ФОТОНОВ С
МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ 4,5 ГЭВ

Редактор Л.П.Мукаян
Технический редактор А.С.Абрамян

Подписано в печать 24/ХП-90г. Формат 60x84/16
Оффсетная печать.Уч.изд.л. 0,8 Тираж 299 экз. Ц.10 к.
Зак.тип. № 321 Индекс 3649

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, ул.Братьев Алиханян, 2