

С 3437
А-67
9280

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



428/2-76

9/11-76

1 - 9280

М.Х.Аникина, А.М.Балдин, Д.В.Балин, Б.П.Банник;
Н.П.Богачев, Г.Л.Варденга, В.Д.Володин, Н.С.Глаголева,
А.И.Голохвастов, А.Г.Грачев, М.С.Журавлева,
В.Л.Ильина, Н.Н.Каминский, П.С.Кузнецов, Е.С.Кузнецова,
Ю.Лукстиньш, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, М.Г. Мещеряков,
Ж.Ж.Мусульманбеков, Н.Н.Нургожин, Ж.С.Такибаев,
Э.О.Оконов, С.А.Хорозов, Ю.А.Черепанов, Ю.П.Яковлев

ОБЛУЧЕНИЕ УСТАНОВКИ СКМ-200
В ПУЧКЕ α -ЧАСТИЦ С ИМПУЛЬСОМ 17 ГЭВ/С
И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА
 α Li - и α Ne -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

1975

М.Х.Аникина, А.М.Балдин, Д.В.Балин,¹ Б.П.Банник,
Н.П.Богачев, Г.Л.Варденга, В.Д.Володин, Н.С.Глаголева,
А.И.Голохвастов, А.Г.Грачев, М.С.Журавлева,
В.Л.Ильина, Н.Н.Каминский, П.С.Кузнецов, Е.С.Кузнецова,
Ю.Лукстиньш, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, М.Г. Мещеряков,
Ж.Ж.Мусульманбеков,² Н.Н.Нургожин,² Ж.С.Такибаев,²
Э.О.Оконов, С.А.Хорозов, Ю.А.Черепанов,³ Ю.П.Яковлев¹

ОБЛУЧЕНИЕ УСТАНОВКИ СКМ-200

В ПУЧКЕ α -ЧАСТИЦ С ИМПУЛЬСОМ 17 ГЭВ/С
И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА
 α Li - и α Ne -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

¹ Ленинградский государственный университет.

² Институт физики высоких энергий АН Казахской ССР.

³ Московский государственный университет.

Установка СКМ-200^{/1/}, являясь трековым электронным прибором, позволяет практически в геометрии "4π" наблюдать всю картину взаимодействия, если оно происходит в мишени, расположенной внутри стримерной камеры или на ядре газонаполнителя. Эта "глобальная" информация представляется весьма важной в начале исследования такого сложного по конфигурации и малоизученного процесса, каким является взаимодействие релятивистского ядра с ядром мишени. С другой стороны, управляемость и сравнительно малое время памяти стримерной камеры дают возможность развивать и углублять исследования на СКМ-200, отбирая редкие события и регистрируя при этом весь процесс, сопровождающий эти события. В результате анализа методических особенностей установки СКМ-200 и перспектив ее использования в области релятивистской ядерной и гиперядерной физики было предложено^{/2/} вывести на установку СКМ-200 пучок релятивистских ядер, который в принципе может быть использован и для других экспериментов. При этом предполагалось совместить канал, формирующий выведенные из синхрофазотрона релятивистские ядра, с каналом №22, предназначенным для исследований на установке СКМ-200 в пучках вторичных частиц /пионов и каонов/.

Канал и пучок

Схематическое изображение каналов и экспериментальной площадки для установки СКМ-200 в измерительном павильоне приведено на *рис. 1*.

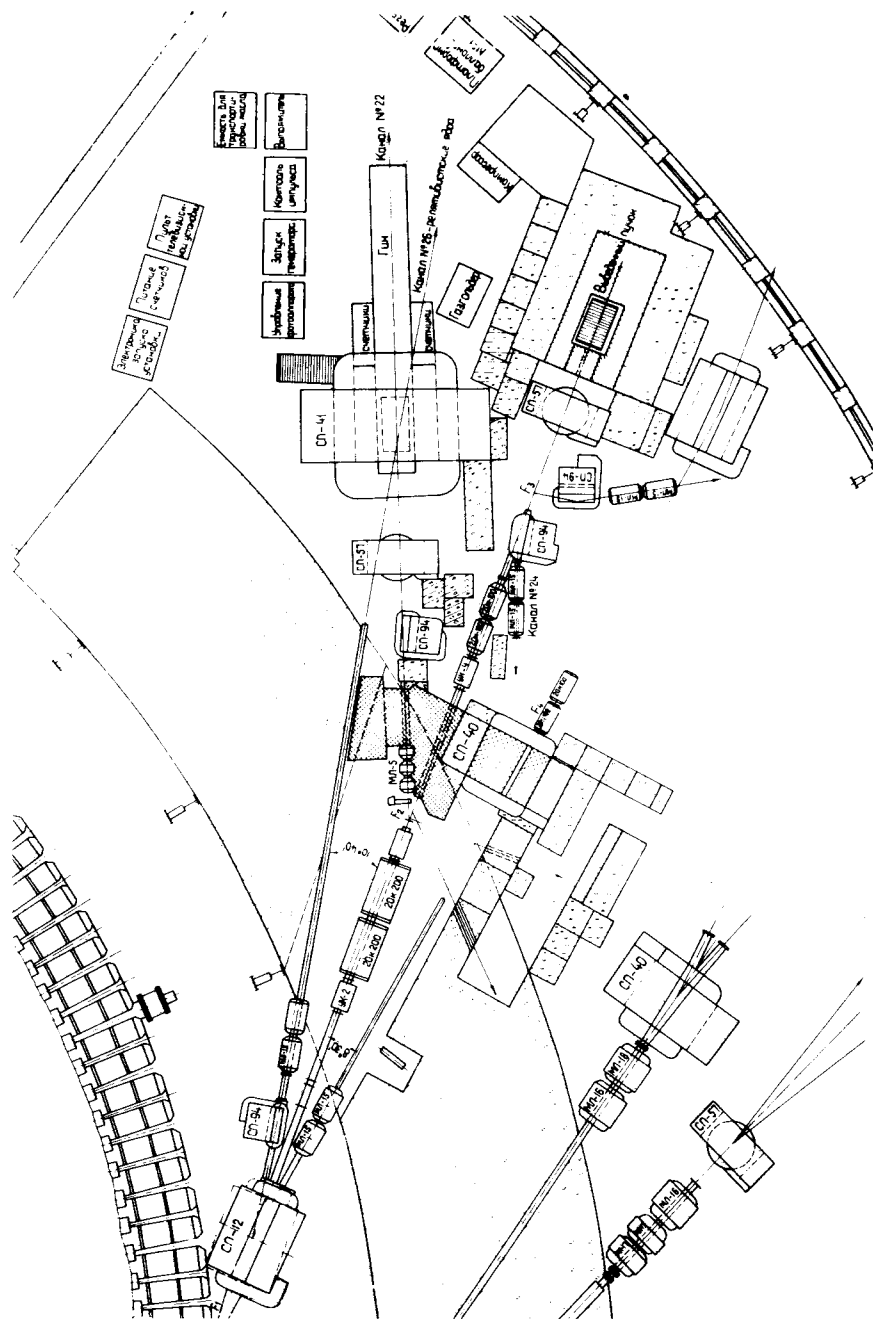


Рис. 1. Схема расположения каналов и установки СКМ-200. На стримерную камеру, размещенную в магните СП-41, могут выводиться пучки ускоренных частиц p , d , α и т.д. - по каналу №26/ или пучки вторичных частиц π -или К-мезонов/, рожденных в мишени F_2 /по каналу №22/.

Канал №26 используется для облучения стримерной камеры выведенными из синхрофазотрона $^{3/3}$ частицами: протонами с импульсом до 10 ГэВ/с или ускоренными ядрами с импульсом до 5 ГэВ/с на нуклон. Магниты СП-12 и СП-94 поворачивают пучок на $10^\circ 40'$, а две линзы МЛ-15 фокусируют частицы на стримерную камеру, помещенную в магните СП-41. Угол между осями пучка и камеры равен 12° , поэтому частицы проходят мимо высоковольтного генератора, так что за стримерной камерой остается достаточно места для установки счетчиков или другой аппаратуры. Для исследования в пучках вторичных частиц π -ионов, каонов/ предназначен канал №22, который с помощью линз МЛ-15 и магнитов СП-94 и СП-57 формирует пучки частиц, рожденных в мишени F_2 . Направление этого канала совпадает с продольной осью стримерной камеры.

Система запуска /триггер/ и мишени

Установка СКМ-200 была облучена в пучке α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с . Интенсивность пучка поддерживалась на уровне $10^3 - 10^5$ частиц в импульсе. Нижний уровень обеспечивал запуск камеры в каждом цикле, превышение верхнего уровня приводило к регистрации нескольких треков частиц пучка, поскольку время чувствительности камеры было порядка 5 мкс .

Для отбора частиц, попадающих в мишень диаметром 30 мм , в триггер включались телескопы сцинтилляционных счетчиков T_n и T_T /см. рис. 2/ из пластиков с диаметром соответственно 30 и 15 мм . Счетчики

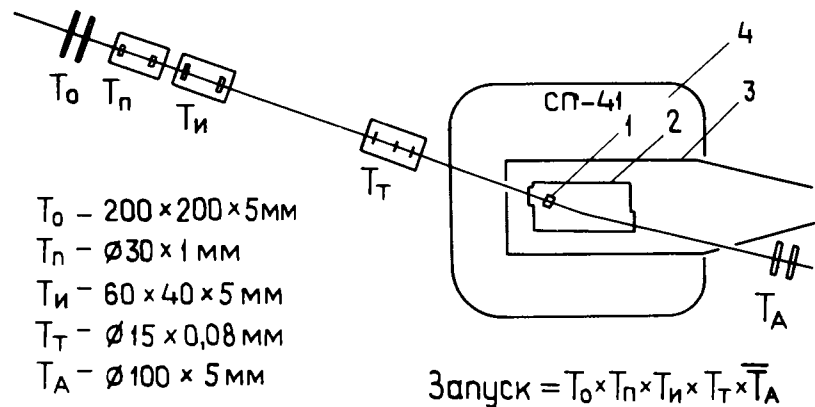


Рис. 2. Схема расположения счетчиков. Канал №26, выведенный пучок α -частиц. 1 - мишень в стримерной камере $\varnothing 30$ мм, 2 - граница рабочего объема стримерной камеры, 3 - внешний /заземленный/ экран-электрод стримерной камеры, 4 - магнит СП-41, T_0 - телескоп сцинтилляционных счетчиков, регистрирующий все частицы пучка, T_n - и $T_{Т}$ - счетчики, отбирающие частицы, которые попадают в мишень, $T_{и}$ - счетчики, определяющие заряд частиц, T_A - счетчики, регистрирующие выбывание α -частицы из пучка.

телескопа T_0 регистрировали все частицы в пучке, а сравнение скорости счета T_n и T_0 характеризовало точность наведения пучка на мишень.

Счетчики телескопа T_n работали в ионизационном режиме /амплитуда импульса пропорциональна z^2 /. Для настройки и контроля этих счетчиков использовался анализатор АИ-128. На рис. 3а приведен спектр для пучка, в котором имеется значительная примесь однозарядных частиц /левый пик/, на рис. 3б - спектры, полученные при калибровке аппаратуры. При работе ускорителя в нормальном режиме примесь однозарядных частиц в пучке - меньше 1%.

Однако в периоды подстройки пучка, когда в источник ионов поддувается дейтерий, процент α -частиц падает почти до нуля и затем восстанавливается до нормы в течение $6 \div 10$ часов.

При этом в период восстановления соотношение между дейтронами и α -частицами за время растяжки меняется: процент α -частиц к концу растяжки быстро возрастает /рис. 4/.

В проведенных рабочих облучениях установки СКМ-200 использовался в основном триггер /4/ по выбыванию α -частиц из пучка в результате взаимодействия. Стримерная камера запускалась, когда телескопы счетчиков регистрировали α -частицу на входе в камеру и "не видели" ее в пучке на выходе из камеры. Для того, чтобы уменьшить число запусков в результате взаимодействия α -частицы в счетчиках перед мишенью, на

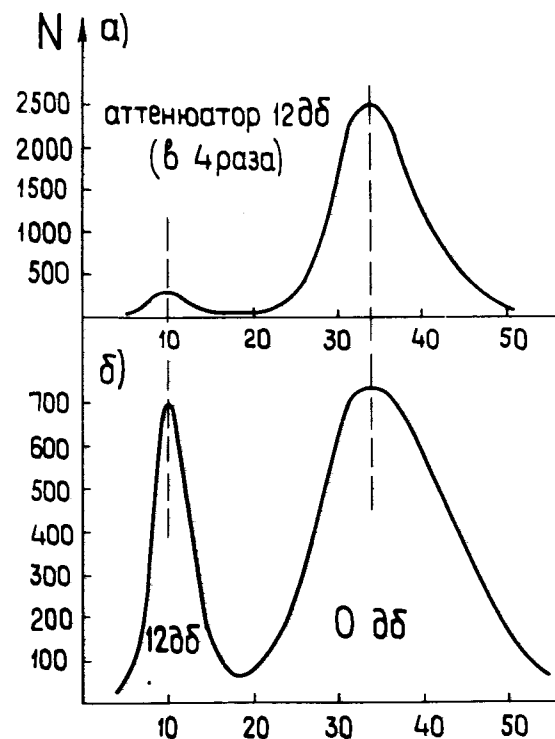


Рис. 3. а/ Спектр импульсов от счетчика $T_{и}$, левый пик соответствует примеси однозарядных частиц в пучках α -частиц; б/ калибровочные спектры, получены с помощью β -источника.

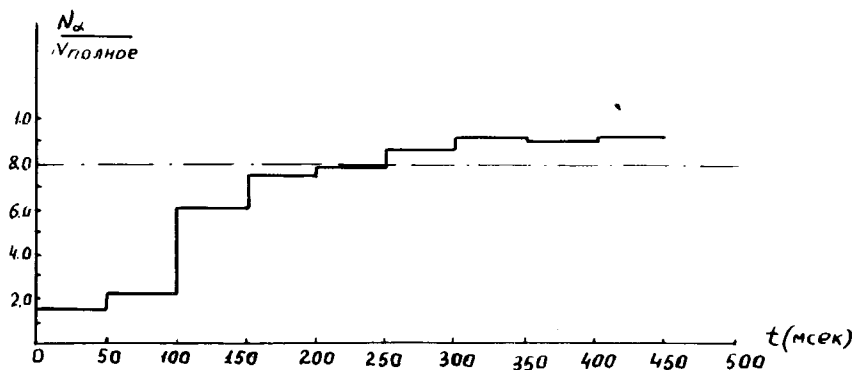


Рис. 4. Изменение концентрации α -частиц во время вывода пучка из синхрофазотрона. Средняя концентрация α -частиц равна 80%.

входе в камеру ставился телескоп с тонкими счетчиками /пластик толщиной 100 мк/. Телескоп антисовпадений / T_A / работал в ионизационном режиме, отбрасывая двухзарядные частицы и сохраняя события с однозарядными продуктами взаимодействия, попадающими в счетчики антисовпадения. Таким образом, логика запуска была $T_0 \times T_n \times T_\alpha \times T_T \times \overline{T_A}$. Порог дискриминатора выбирался таким, чтобы примесь однозарядных частиц во взаимодействиях не превышала 10^{-4} .

При облучении использовались две мишени:

${}^6\text{Li}$ - 1,4 г/см² с примесью ${}^7\text{Li}$ /8,9%/,
и ${}^7\text{Li}$ - 1,6 г/см² с примесью ${}^6\text{Li}$ /0,96%/.

Из 84 тыс. стереофотографий 68 тыс. получено с мишенью из ${}^6\text{Li}$, 12 тыс. - с мишенью из ${}^7\text{Li}$, остальные 4 тыс. - без мишени /в методических целях/.

Оценки сечений неупругого взаимодействия α -частиц с ядром ${}^6\text{Li}$

При работе с мишенью ${}^6\text{Li}$ около 9 тыс. стереофотографий было получено с триггером, регистрирующим все α -частицы, входящие в мишень / T_A отключен/.

Этот сеанс облучения дает возможность внести некоторые поправки, связанные с избирательностью триг-

гера, а также определить сечение неупругого взаимодействия α -частиц в мишени ${}^6\text{Li}(\sigma_{in})$. При этом отбрасывались все события, в которых число заряженных частиц не меньше двух, а на однолучевые события поправка вводилась так, как это описано ниже.

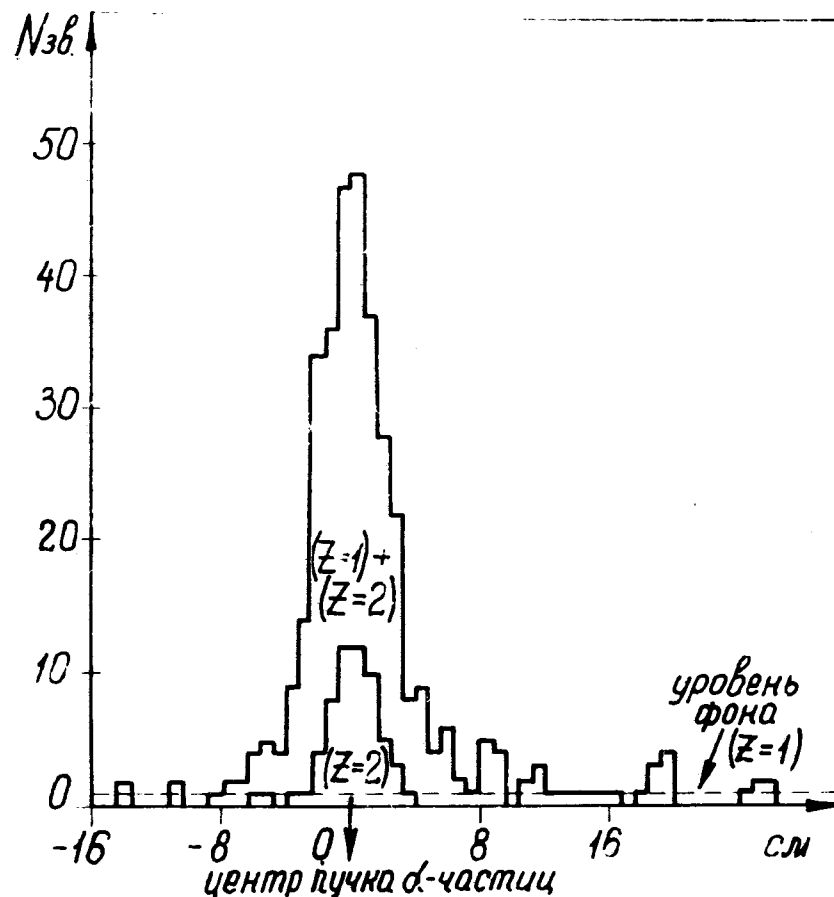


Рис. 5. Распределение проекций на горизонтальную плоскость точек вылета из камеры для всех положительных частиц с импульсом $p > 4$ ГэВ/с из взаимодействия α ${}^6\text{Li}$. Горизонтальная линия показывает уровень равномерно распределенного фона.

Значение $\sigma_{in} = /320 \pm 15/ \text{мб}$ получено на основании анализа 422 надежно отобранных взаимодействий α -частиц в мишени.

С помощью этой "невыборочной" статистики были сделаны также оценки сечения неупругих взаимодействий, сопровождавшихся фрагментацией /стриппингом/ налетающей α -частицы в реакциях:



Для этого было построено распределение проекций на горизонтальную плоскость точек вылета из камеры частиц с импульсом * $P > 4 \text{ ГэВ/с}$ во взаимодействии $\alpha {}^6\text{Li}$ /рис. 5/.

Распределение дает резко выраженный пик в зоне стриппинга /вокруг оси пучка/ при очень малом уровне фона.

Это свидетельствует о достаточно надежном выделении группы реакций /1÷4/ по приближенным оценкам углов вылета и импульсов. Однако разделить каналы /1÷4/ таким способом оказалось невозможным. Тем не менее, выделяя среди частиц стриппинга двухзарядные частицы, можно грубо оценить долю реакции /1/, которая составляет 0,15 от всех неупругих взаимодействий **.

* Импульсы частиц были оценены по кривизне трека на одной из фотографий стереопары.

** Эта оценка несколько завышена, поскольку включает "когерентные" взаимодействия α -частиц. Однако число их, по-видимому, очень мало.

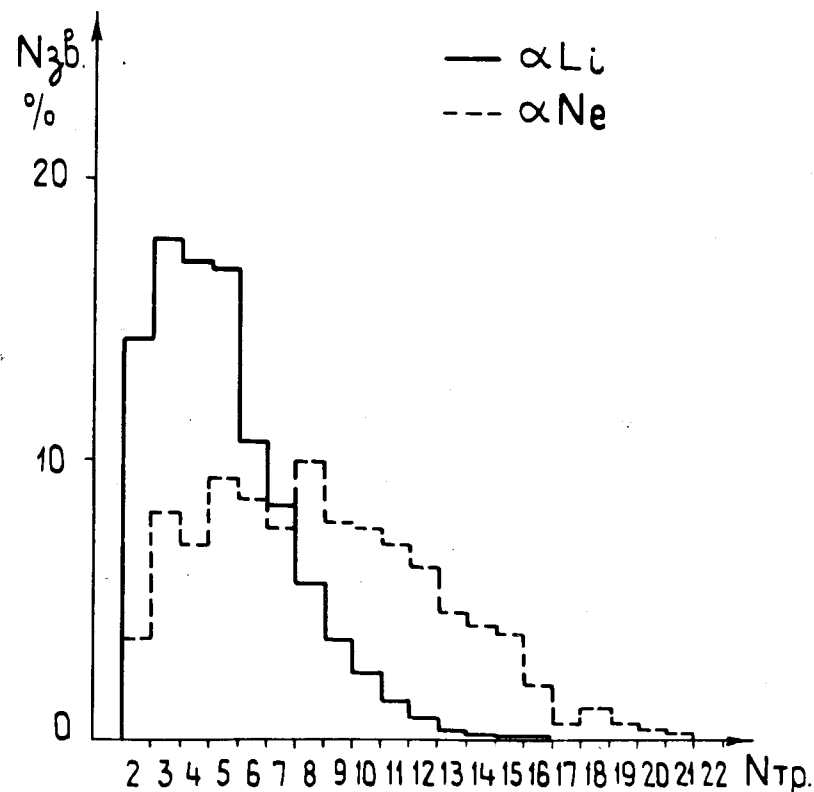


Рис. 6. Распределение по множественности всех заряженных частиц для взаимодействий αLi /13000 звезд/ и αNe /562 звезды/.

Суммарная доля реакций /1÷4/ от всех неупругих взаимодействий составляет $0,80 \pm 0,04$ /что заметно больше, чем вклад этих реакций в неупругие взаимодействия на среднем ядре эмульсии^{/5/} /.

Некоторые результаты исследования множественности вторичных частиц во взаимодействиях αLi и αNe

Данные о множественности получены в результате анализа $1,3 \cdot 10^4$ взаимодействий $\alpha {}^6\text{Li}$ и $\alpha {}^7\text{Li}$ и 562 взаимодействий αNe . На рис. 6 представлены распределения

по множественности вторичных частиц для всех звезд от взаимодействий $\alpha^6\text{Li}$ и $\alpha^7\text{Li}$ /вместе/, т.к. распределения для $\alpha^6\text{Li}$ и $\alpha^7\text{Li}$ практически не различаются. На рис. 7б можно видеть распределения π^- для взаимодействий αNe .

Для оценки множественностей пинообразования во взаимодействии $\alpha^6\text{Li}$ необходимо учесть фон и внести ряд поправок.

Наиболее существенный фон составляет вторичное взаимодействие продуктов фрагментации α -частицы и родившихся пионов /-7,5%/. Это обстоятельство приводит к случаям аномально большой множественности, превышающей множественность при полном развале обоих ядер.

Из рассмотрения были исключены все случаи, для которых $N_{\pm} = (n_{\pm} - 2n_{-}) \geq 5$ / n_{\pm} - число всех вторичных частиц в одном взаимодействии, n_{-} - число отрицательных частиц/. Таким образом, мы отбросили заведомо фоновые события и группу событий с полным развалом, имеющую большую примесь фона.

При этом исключалась часть фона от взаимодействий в стенках контейнера мишени, который составляет 3%.

Было отобрано 6473 взаимодействия $\alpha^6\text{Li}$ с $N_{\pm} \leq 5$, из которых 625 событий имеют двухзарядную стриппинговую частицу и описываются реакцией I /I группа/; 5232 события - однозарядную стриппинговую частицу и описываются реакциями 2=4 /II группа/; 616 событий не имеют частиц в области стриппинга /III группа/. /Использовать эти цифры для оценки сечений не следует, т.к. триггер вносил некоторые искажения в распределения событий по группам/. Для определения полного сечения неупругих взаимодействий σ_{in} , а также средней множественности для реакции /I/ необходимо учесть вклад неупругих процессов с образованием π^0 , $\gamma\gamma$ и т.д., которые при просмотре нельзя отличить от фотографий "без взаимодействия". С другой стороны, наоборот, квазиупругое рассеяние /без рождения частиц/ с видимым протоном отдачи /при просмотре такие протоны не идентифицировались/ может дать вклад в канал "двухлучевые звезды" для реакции /I/. Сечения π^- взаимодействий, спектр протонов для $\pi^- \rightarrow \pi^0 \pi^-$ и дру-

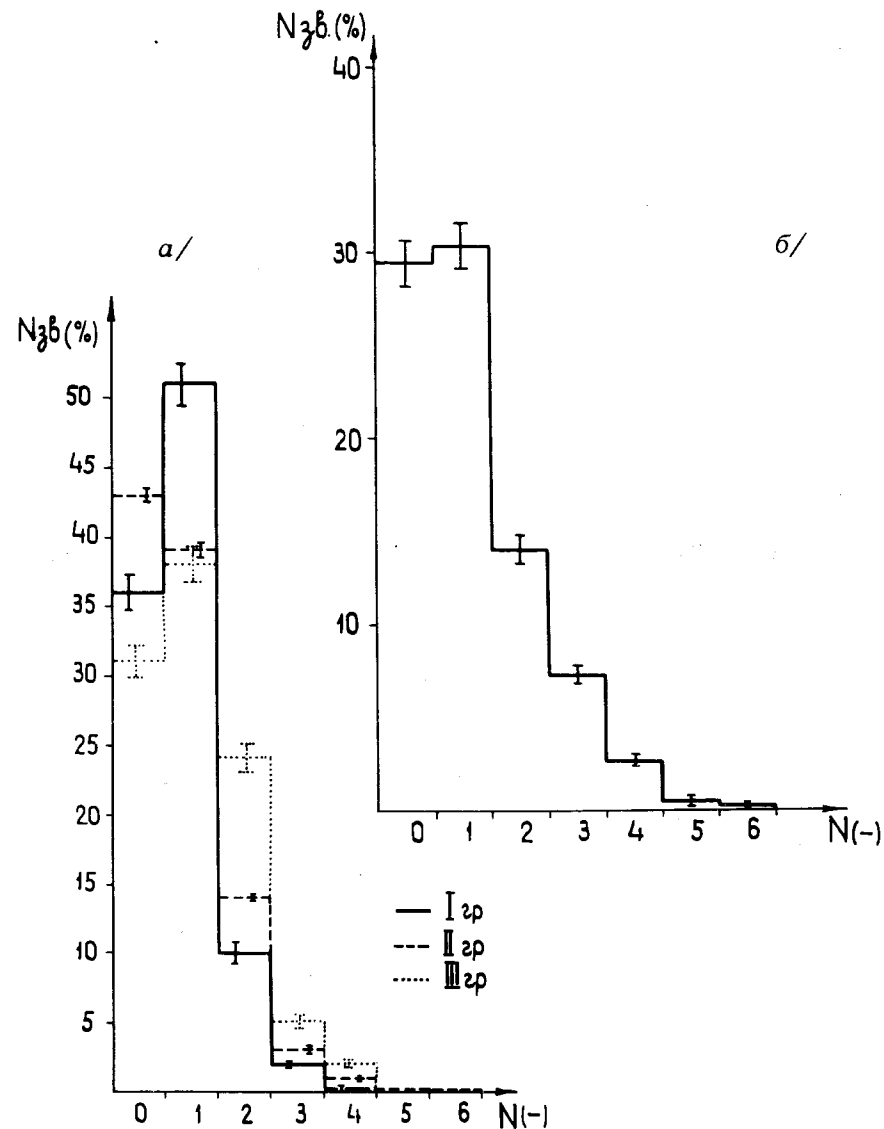


Рис. 7. Распределение по множественности π^- -мезонов. а/ Взаимодействия $\alpha^6\text{Li}$: I группа - с образованием двухзарядной стриппинговой частицы, II группа - с образованием однозарядной стриппинговой частицы, III группа - без заряженной стриппинговой частицы. б/ Взаимодействия αNe .

гие данные для вычисления вклада неупругих безлучевых звезд взяты из работ /6,7,8/. Выяснилось, что для реакции /1/ образование π^0 -мезонов с поглощением протона в мишени такого же порядка /10%/ , как квазиупругое рассеяние с выходом протона отдачи из мишени. Для реакции /1/ в число звезд внесены соответствующие поправки.

При анализе по множественности всех заряженных частиц /и особенно нерелятивистских/ следует иметь в виду, что протоны с энергией $E_p < 26 \text{ МэВ}$ могут поглотиться в мишени /так же, как и другие продукты развала ядра с соответствующим пробегом/.

Для звезд в газе, наполняющем камеру /неоне/, также имеется ограничение по минимальной наблюдаемой энергии, связанное с плохой видимостью у вершины / $E_p < 3 \text{ МэВ}$ /. В число вторичных частиц во взаимодействии $\alpha^6\text{Li}$ была внесена поправка, учитывающая примесь электронно-позитронных пар от $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ распада /2,5%/.

Поправки к числу π^- -мезонов, связанные с примесью K^- -мезонов и поглощением пионов в мишени, мы полагаем малыми **.

Результаты анализа по множественности каждой из трех групп взаимодействий $\alpha^6\text{Li}$ представлены в табл. I и на рис. 7.

Кроме средней множественности всех заряженных частиц и π^- , в табл. I приведена средняя множественность быстрых положительных частиц тяжелее π^+ -мезона с импульсом *** $p > 1 \text{ ГэВ/с}$ ($\langle n \rangle_{\delta(+)}$) и множественность таких же частиц $p < 1 \text{ ГэВ/с}$ ($\langle n \rangle_{M(+)}$).

* Уменьшение этого ограничения, по-видимому, потребует более тщательного анализа и измерений.

** Первая из этих поправок, оцениваемая по числу K^0 -мезонов, родившихся в мишени, оказалась не более 1-2%, вторая, по оценкам, - еще меньше.

*** См. сноску на стр. 10.

Таблица

Средние множественности вторичных частиц для взаимодействий $\alpha^6\text{Li}$ и αNe .

Мишень; группа событий	$\langle n \rangle_{\text{все}}$	$\langle n \rangle_{-}$	$\langle n \rangle_{\delta(+)}$	$\langle n \rangle_{M(+)}$
$\alpha + {}^6\text{Li}$ гр. I	$3,51 \pm 0,07$	$0,79 \pm 0,04$	$1,50 \pm 0,31$	$0,40 \pm 0,09$
$\alpha + {}^6\text{Li}$ гр. II	$4,43 \pm 0,03$	$0,81 \pm 0,01$	$2,18 \pm 0,05$	$0,75 \pm 0,02$
$\alpha + {}^6\text{Li}$ гр. III	$5,30 \pm 0,09$	$1,09 \pm 0,04$		
$\alpha + {}^6\text{Li}$ гр. I+II+III	$4,16 \pm 0,04$	$0,83 \pm 0,03$	$1,90 \pm 0,10$	$0,60 \pm 0,04$
$\alpha + \text{Ne}$	$8,52 \pm 0,12$	$1,13 \pm 0,05$		

Заключение

В результате предварительного анализа фотографий, полученных при облучении стримерной камеры α -частицами с импульсом 17 ГэВ/с, сделаны оценки множественностей вторичных частиц в ${}^6\text{Li}$ и αNe взаимодействиях.

Средние множественности всех заряженных частиц во взаимодействиях ${}^6\text{Li}$ и αNe равны $4,16 \pm 0,04$ и $8,52 \pm 0,12$ соответственно, а средние числа образовавшихся π^- -мезонов — $0,83 \pm 0,03$ и $1,13 \pm 0,05$. Изотопическая "однородность" взаимодействующих ядер дает возможность определить полную множественность образования пионов для взаимодействий ${}^6\text{Li}(2,5)$ и $\alpha\text{Ne}(3,4)$.

Получены также распределения по множественности π^- -мезонов и всех заряженных частиц. Простая методика выделения фрагментации /стриппинга/ α -частиц на ядре ${}^6\text{Li}$ позволила оценить относительную вероятность этого процесса $0,80 \pm 0,04$ от всех неупругих взаимодействий/.

Разделение событий по каналам фрагментации α -частиц позволяет сравнить множественности в процессах, различных по характеру взаимодействия^{9,10}. Значения множественности в ${}^6\text{Li}$ -взаимодействиях оказались равными $3,51 \pm 0,07$ для событий, сопровождающихся фрагментом ${}^3\text{He}$ /взаимодействия с малым переданным импульсом/ и $5,30 \pm 0,09$ — для событий без видимых стриппинговых частиц /взаимодействия с участием двух и более нуклонов, входящих в состав α -частицы/.

Мы считаем своим долгом выразить благодарность А.И.Завгороднему, В.Я.Рубцову и В.П.Садилу за активное участие в подготовке и проведении облучения СКМ-200; сотрудникам отдела новых научных разработок ЛВЭ, принявшим участие в подготовке электронной аппаратуры; Н.И.Павлову, Л.Г.Макарову, Л.П.Зиновьеву, всему дежурному персоналу и начальникам дежурных смен синхрофазотрона /С.В.Федукову, В.П.Заболотину, А.С.Исаеву, В.Н.Перфееву, И.Н.Яловому/, обеспечившим в течение длительных экспозиций ускорение и вывод

α -частиц; сотрудникам сектора А.Д.Кириллова за настройку пучка α -частиц в канале №26; группе Н.Б.Едовиной за качественное проявление пленки; группе лаборантов ЛВЭ и ЛВТА за просмотр пленок и участие в анализе экспериментального материала; а также А.В.Никитину, В.Н.Пеневу и Ю.А.Трояну за полезные обсуждения.

Литература

1. G. Vardenga et al. 1973 International Conference on Instrumentation for High Energy Physics. Proceedings, p. 157, Frascati, 1973.
2. Б.Банник и др. Сообщение ОИЯИ, P2-6159, Дубна, 1973.
3. С.А.Аверичев и др. Всесоюзное совещание по ускорителям, т. 2, стр. 104, изд. "Наука", М., 1972.
4. М.Аникина и др. Сообщение ОИЯИ, 13-9030, Дубна, 1975.
5. Э.Скжипчак и др. Сообщение ОИЯИ, P1-8313, Дубна, 1974.
6. А.П.Гаспарян, Д.И.Копылова, А.В.Никитин, Ю.А.Троян. ОИЯИ, 1-6211, Дубна, 1972.
7. А.П.Гаспарян, А.В.Никитин, Ю.А.Троян. ЯФ, т. 14, в. 4, 764 /1971/.
8. O. Venary et al. UCRL-20000 NN., 1970.
9. Э.О.Оконов. Сообщение ОИЯИ, P1-8578, Дубна, 1975.
10. К.Д.Толстов. Сообщение ОИЯИ, P1-8662, Дубна, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 ноября 1975 года.