

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-493(36)-81

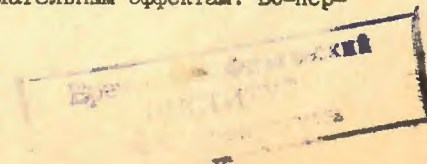
Р.Б.АЙВАЗЯН, К.В.АЛАНАКЯН, М.Дж.АМАРЯН,
М.В.БАРТИКЯН, Р.А.ДЕМИРЧЯН, К.ЩЕГИАН,
Э.М.МАТЕВОСЯН, М.С.ОГАНДЖАНИЯН, К.Ш.ОГАНЯН,
Ю.Г.ШАРАБЯН, К.К.ШИХЛЯРОВ

МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР УСТАНОВКИ "ДЕЙТРОН"
НА ОСНОВЕ МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ
КАМЕР

ԵՐԵՎԱՆ 1981 ԵՐԵՎԱՆ

I. Установка "Дейтрон" [1] расположена на пучке Г-3 Ереванского электронного синхротрона и состоит из двух плеч, одно из которых представляет собой магнитный спектрометр с применением метода измерения времени пролета. Спектрометр предназначен для исследования фоторождения заряженных частиц γ -квантами на ядрах в диапазоне углов $20-120^\circ$ и импульсов регистрируемых частиц до $1,5 \text{ ГэВ/с}$. При помощи спектрометра получен ряд результатов [2,3] по кумулятивному фоторождению π^- -мезонов и протонов.

В используемом [1,2,3] варианте спектрометр имеет ряд недостатков. Наиболее важным из них является ограничение снизу области исследуемых импульсов, а также наличие больших (зависящих от величины импульса) относительных импульсных разбросов. Дело в том, что спектрометр построен на основе сцинтилляционных годоскопов со сцинтилляторами, имеющими размеры $5 \times 10 \times 100 \text{ см}^3$ и $10 \times 10 \times 100 \text{ мм}^2$. Дальнейшее уменьшение ширины сцинтилляторов приводит к чрезмерному увеличению числа используемых ФЭУ, пространственное размещение и стабильная эксплуатация которых становится технически трудной проблемой. Кроме того, конечная толщина сцинтилляторов приводит к нежелательным эффектам. Во-пер-



вых, это вещество служит остаточным пробегом регистрируемой частицы, т.е. спектрометр может регистрировать частицу, энергия (импульс) которой выше некоторого значения, определяемого соотношением "энергия-пробег" [4]. В таблице I приведены значения минимальных импульсов \bar{I} - мезонов, протонов и дейтронов, доступных при использовании спектрометра со сцинтилляционными годоскопами [I]. Как видно, пределы снизу особенно сильно ограничивают исследования для вторичных протонов и более тяжелых частиц.

Наличие вещества на пути частиц в спектрометре приводит, с другой стороны, к сильному увеличению многократного рассеяния, что, в свою очередь, влияет на точности определения импульса и времени пролета частицы. На рис. I, заимствованном из работы [I], показана зависимость импульсного разрешения $\Delta P/P$ спектрометра от импульса P . Как видно, при $P=0,5$ ГэВ/с значение $\Delta P/P$ для протонов примерно в два раза больше того же значения без учета многократного рассеяния.

Устранение приведенных недостатков требует применения таких годоскопических и других регистрирующих систем (взамен сцинтилляционных счетчиков), которые позволили бы, во-первых, сильно уменьшить количество вещества на пути частицы в спектрометре, во-вторых, путем увеличения числа каналов уменьшить ошибки измерений координат, для получения более хорошего разрешения по импульсу. При этом эти системы должны обладать достаточно хорошим (приемлемым для экспериментов на фотонных пучках) временным разрешением. По-видимому, наиболее подходящими для этой цели являются газовые детекторы, например, многопроволочные пропорциональные камеры (МПК).

В настоящей работе приведены результаты испытания спектрометра, в котором вместо сцинтилляционного годоскопа и некоторых других сцинтилляционных счетчиков [I] использованы МПК и плоские газовые счетчики (ПГС).

На рис. 2 приведена схема спектрометра.

Образованные в мишени под действием γ -квантов вторичные заряженные частицы отклоняются в магнитном поле и регистрируются системой, состоящей из сцинтилляционных счетчиков C_1 и C_2 , трех плоских газовых счетчиков ПГС1-ПГС3 и двух многопроволочных пропорциональных камер МПК₁ и МПК₂. Траектория частицы определяется путем измерения координаты в трех точках. В качестве первой точки (X_1, Y_1) используется пятно пучка на мишени, имеющее размеры 10×10 , (т.е. $\Delta X_1 = 10$ мм). Остальные две точки фиксируются на выходе магнита при помощи МПК₁ и МПК₂, в которых расстояние между координатными проволочками равно 2 мм, т.е. в принципе можно добиться разбросов $\Delta X_2 = \Delta X_3 = 2$ мм. Однако в настоящей работе осуществлен вариант, когда шаги в МПК₁ были близки ширинам сцинтилляторов годоскопа Γ_1 из [I], а в МПК₂ - ширинам сцинтилляторов в годоскопе Γ_2 из работы [I]. Это позволяет делать более однозначные сравнения с результатами [I]. Для этого в МПК₁ были образованы зоны шириной 8 мм ($\Delta X_2 = 8$ мм) путем параллельного гальванического соединения 4-х проволочек (в Γ_1 [I] $\Delta X_1 = 10$ мм), а в МПК₂ - шириной 16 мм ($\Delta X_3 = 16$ мм) путем такого же соединения 8 проволочек (в Γ_2 [I] $\Delta X_3 = 20$ мм). Как в работе [I], ΔX_2 взято кратным ΔX_3 для фиксации данной траектории регистрируемых частиц во всем телесном угле. Нужно отметить, что вместо трех ПГС, показанных на рис. 2, был включен только один. Это лишь ухудшает фоновые условия измерений, поэтому

испытание спектрометра было проведено при углах $\geq 50^\circ$ на легком ядре ^{27}Al .

Путем совпадения $M = (C_1 + \text{ПГС} + C_2)$ (см. рис. 3) вырабатывался мастерный импульс регистрации частиц. Затем осуществлялись совпадения $n_i \equiv M + (\text{МПК1})_i + (\text{МПК2})_i$, где $(\text{МПК1})_i$ и $(\text{МПК2})_i$ выходы i -тых зон МПК1 и МПК2, соответственно ($i = 1+24$). Все выходные импульсы подавались на входы 24-кратной мажоритарной схемы совпадения (МСС) с коэффициентом мажорности $K \geq 1$, т.е. отбирались случаи наличия, по крайней мере, одной фиксированной траектории в рабочем телесном угле ($\Delta\Omega = 1,26$ мст). Для контроля возможного наличия больше одной траектории в том же телесном угле вторые выходы от совпадений n_i были поданы на аналогичную схему совпадения (МСС₂) с мажоритарностью $K \geq 2$. На опыте измеряется число этих импульсов.

Выходной сигнал системы (МСС) был сформирован в прямоугольный импульс шириной 80 нс и был использован для запуска системы измерения времени пролета частицы между счетчиками С1 и С2. Характеристики системы измерения времени пролета приведены в [1].

2. Важной характеристикой спектрометра является эффективность регистрации и зависимость этой эффективности от величины измеряемого импульса частицы. Эффективность регистрации спектрометра, в свою очередь, определяется эффективностями отдельных узлов (С1, С2, ПГС1-ПГС3, МПК1-МПК2) и временной привязкой этих узлов.

Что касается счетчиков С1 и С2, то их эффективность была измерена стандартным образом и составила $0,99 \pm 1,00$. Эффективности газовых детекторов (МПК и ПГС) исследовалась как в лабораторных условиях, так и непосредственно на установке.

На рис. 4 приведены результаты исследований на пучке. По оси абсцисс отложено напряжение на МПК (кривая 1), а на оси ординат соответственно отношение числа событий (мастер + $\sum_i (\text{МПК2})_i$) и (мастер + ПГС1) к числу событий "мастер". Видно, что как для МПК, так и для ПГС, эффективность выходит на широкое плато на уровне 0,98.

Известно, что применение газовых детекторов приводит к определенному ухудшению временного разрешения системы. Это обусловлено в основном большими временными задержками момента возникновения сигнала на выходе и соответствующим и флуктуациями этих времён.

В связи с этим были проведены измерения упомянутых выше временных спектров при помощи время-амплитудного конвертора, старт-импульсом которого служил выходной сигнал от сцинтилляционного счетчика, расположенного за детектором, тогда как стоп-импульсом служил сигнал от детектора. Данные получены на источнике Sc , расположенном перед детектором. Результаты измерений приведены на рис. 5а и 5б для МПК и ПГС, соответственно. Как видно, эти спектры имеют колоколообразную форму. При увеличении напряжения для обоих детекторов, во-первых, места максимума распределений сдвигаются в область малых задержек, и, во-вторых, уменьшается их ширина. В случае МПК (рис. 5а) гальванически соединены 8 проволочек, в то время, как для ПГС (рис. 5б) - 16 проволочек. Видно, что увеличение числа проволочек заметно подавляет вклад "хвоста" распределения, обусловленного [5] далекими прохождениями частиц. Относительная доля таких прохождений падает с ростом числа соединенных вместе проволочек.

На рис.6 приведена зависимость полуширины распределений, на рис.5а от напряжений для смеси газового наполнения 36,7% Ar , 36,7% изобутан, 26,6% метилаль. Видно, что кривая выходит на плато ($\Delta\tau = 15$ нс) при $U \approx 5,2$ кВ. Очевидно, что для 100% эффективности системы регистрации, в которой приведенные газовые детекторы являются составной частью, необходимо выбрать разрешающее время всей системы не меньше длительности у основания распределений на рис.5 а,б. Важно отметить, что "хвост" во временных распределениях на рис.5 а,б за пределами 60 нс не уменьшает эффективность регистрации частиц, так как события в области "хвоста" дублированы событиями в области "пика" для соседних зон.

Согласно вышесказанному, в настоящей работе МПК и ПГС были включены в систему отбора и регистрации с ширинами выходных импульсов 60 нс, что обеспечивало их высокую эффективность ($\sim 0,98$). Что касается вопросов временной привязки отдельных детекторов с учетом конечного времени пролета частиц в спектрометре, то эти вопросы подробно рассмотрены в [1].

3. Спектрометр был испытан и калиброван при помощи регистрации частиц из мишени Al^{27} , облученной тормозными γ -квантами с максимальной энергией 4,5 ГэВ и при угле регистрации 50 и 90°. Были измерены спектры времени пролета между счетчиками С1 и С2 (расстояние 4,5 м) при различных токах в магните. Очевидно, эти спектры эквивалентны массовым спектрам, так как

$$m = P[(\tau/\tau_0)^2 - 1]^{1/2}, \quad (I)$$

где τ и τ_0 - времена пролета частицы и света, соответственно,

P-импульс.

На рис.7 приведены эти спектры (с левой стороны), совместно с аналогичными данными из работы [1] (спектры с правой стороны) при угле регистрации 50°. Как видно, во-первых, характер приведенных массовых спектров в настоящей работе и в работе [1] в основном совпадает. Это доказывает, что газовые детекторы успешно могут заменить сцинтилляционные счетчики. Во-вторых, регистрация протонов не прекращается при 4 амперах ($P=350$ МэВ/с), а продолжается и при низких импульсах. В-третьих, регистрация дейтронов (см. спектры при $I = 10+18$ а) осуществляется в значительно большем интервале импульсов и более однозначно, и в-четвертых, \bar{K} -мезоны эффективно регистрируются вплоть до I_a ($P = 90$ МэВ/с) при четком разделении пиков от электронов малых энергий (см. спектры при $I = 0,5+1,5$ а).

На рис.8 приведены импульсные спектры протонов, регистрируемых спектрометров в двух вариантах годоскопической системы. Кривые проведены по экспериментальным точкам от руки. Как видно, в случае газовых детекторов (\bar{K}) интервал регистрируемых импульсов протонов значительно расширяется в области малых энергий.

На рис.9 приведена зависимость импульсных разбросов $\Delta P/P$ от значения импульса при регистрации протонов и \bar{K} -мезонов с учетом эффекта многократного рассеяния.

Как видно, в случае газовых детекторов рост $\Delta P/P$ при малых импульсах значительно медленнее, чем это имеет место для сцинтилляционных годоскопов [1] (рис.1).

Таблица I

Значения минимальных импульсов P (МэВ/с) различных частиц, регистрируемых спектрометром со сцинтилляционными годоскопами [1].

π	P	d
100	400	700

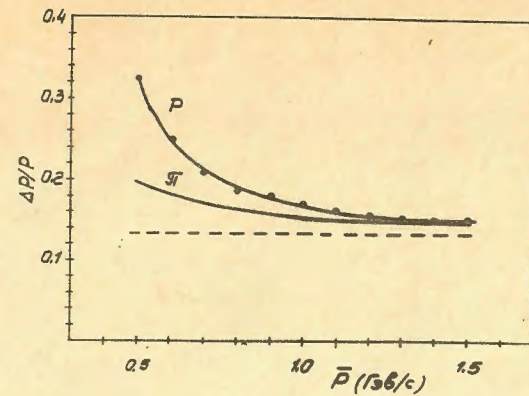


Рис. I Зависимость среднеквадратичных разбросов $\Delta P/P$ от среднего импульса \bar{P} с учетом многократного рассеяния. Верхняя сплошная линия для протонов, нижняя - для π -мезонов, пунктирная - расчет без учета многократного рассеяния [1].

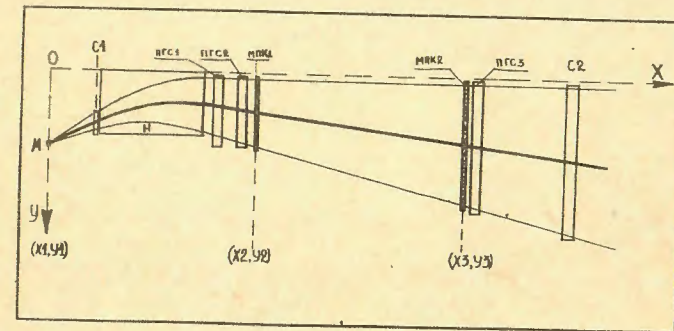


Рис. 2 Схема спектрометра. М-мишень, Н-отклоняющее магнитное поле, МПК1 и МПК2 - многопроволочные пропорциональные камеры с шагом 8 мм и 16 мм, соответственно; ПГС1 + ПГС3 - плоские газовые счетчики, С1, С2 - сцинтилляционные счетчики

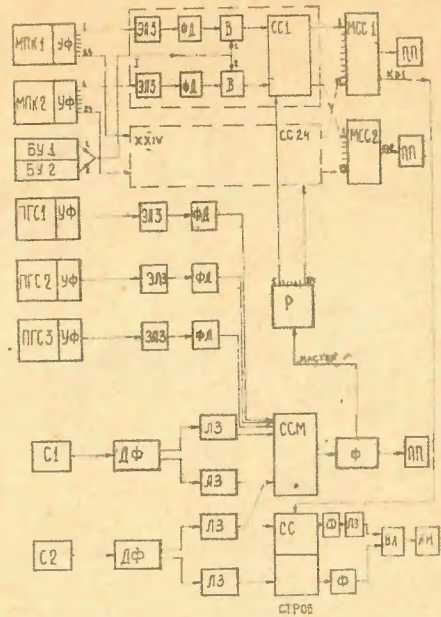


Рис.3 Блок-схема регистрирующей системы МС. УФ - усилители -
-формирователи, ЭЛЗ - регистрируемые электронные задерж-
ки, ЛЗ - линии задержки, ФД - формирователи длительнос-
ти, ДФ - дискриминаторы-формирователи, Ф - формировате-
ли, В - индивидуальные схемы пропускания, БУ1, БУ2 -
- блоки управления, которые подают уровни напряжения,
соответствующие режиму "запрет" или "разрешение", поз-
воляющему при необходимости снимать счетные характе-
ристики отдельных каналов. СС1+СС24 - трехкратные схемы
совпадений, ССМ - схема совпадений, для образования
"мастерного" импульса, (триггер схемы); МСС-мажоритарная
система совпадения, ВА-время-амплитудный преобразователь,
АИ-анализатор импульсов, ПП-пересчетные приборы, Р-
-разветвитель.

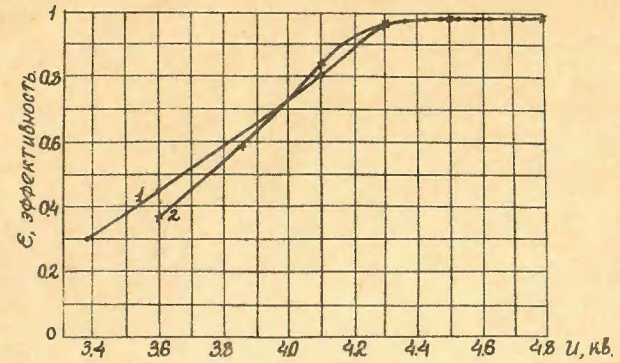


Рис.4 Зависимость эффективности регистрации от напряжения.

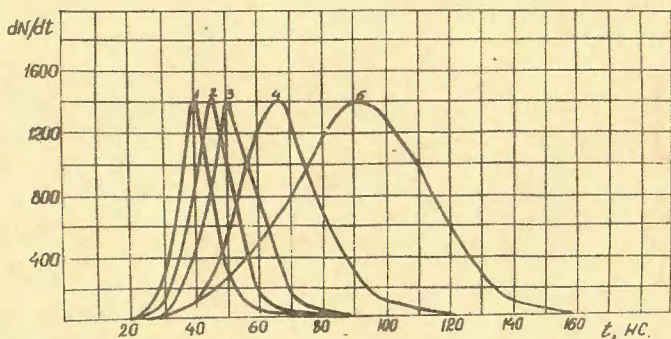
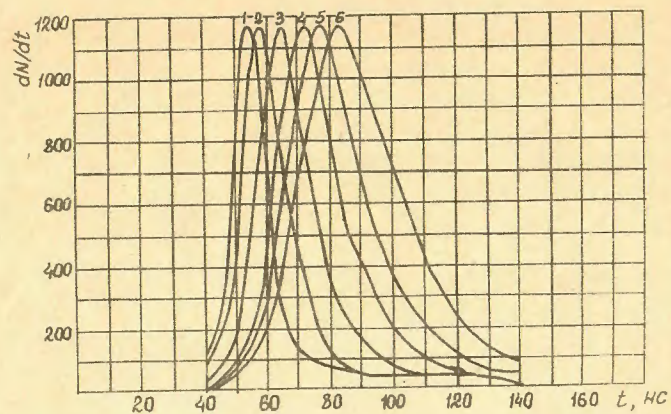


Рис.5 а) временные спектры МПК при разных напряжениях: 1-5,4 кВ, 2-5,2 кВ, 3-5,0 кВ, 4-4,8 кВ, 5-4,7 кВ, 6-4,6 кВ. Гальванически соединено 8 проволок;
б) временные спектры ПГС при разных напряжениях: 1-4,8 кВ, 2-4,7 кВ, 3-4,5 кВ, 4-4,3 кВ, 5-4,1 кВ. Гальванически соединено 16 проволок.

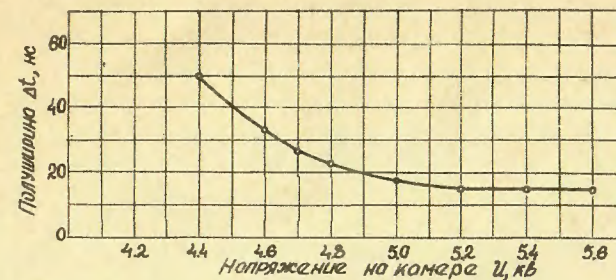


Рис.6 Зависимость полуширины временных спектров от напряжения для МПК. Добавлены точки при $U = 4,4$ кВ и $5,6$ кВ.

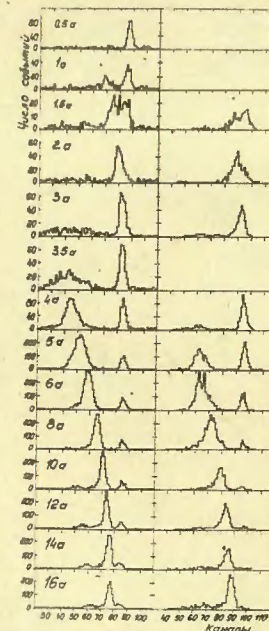


Рис.7 Массовые спектры, измеренные при помощи МПК (слева) и сцинтилляционной фотоскопической системой [1] (справа).

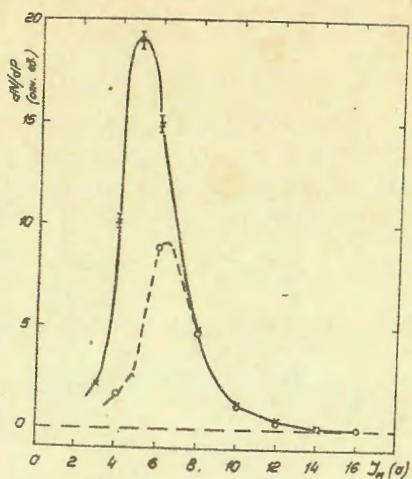


Рис.8 Импульсные спектры протонов.
* для МПК, o -из работы [1].

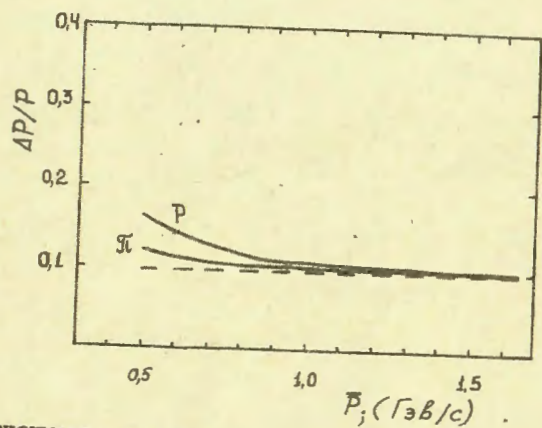


Рис.9 Зависимость среднеквадратичных разбросов $\Delta P/P$ от среднего импульса \bar{P} с учетом многократного рассеяния для протонов и π -мезонов, пунктирная линия - расчет без учета многократного рассеяния (для МПК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аланакян К.В., Амарян М.Дж., Демирчян Р.А. и др. Установка для исследования кумулятивного фоторождения частиц на ядрах ("Дейтрон"). Научное сообщение ЕФИ-408(15)-80, Ереван, 1980.
2. Аланакян К.В., Амарян М.Дж., Демирчян Р.А. и др. Спектры π^\pm -мезонов в инклюзивной реакции $\gamma C^{12} \rightarrow \pi X$, вызванной тормозными γ -квантами с максимальной энергией 4,5 ГэВ. Письма в ЖЭТФ, 1980, т.32, с.666.
3. Alanakyan K.V., Amaryan M.J., Demirchyan R.A. et al., Spectra of cumulative protons in the $\gamma C^{12} \rightarrow p X$ process at γ -quanta maximum energy 4.5 GeV. ЕФИ-467(9)-81.
4. Сегре Э. Экспериментальная ядерная физика, М.: ИЛ, 1955, т. I
5. Дамаскинский Е.А., Крившич А.Г. Международное совещание по методике проволочных камер, 1975, Дубна, 167.

Рукопись поступила 28-го мая 1981 г.

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

Заказ 460

ВФ- 04896

Тираж 299

Препринт ФФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 23/УП-81г. I,0 уч.изд.л. Ц. 7 к.

..

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института Ереван-36, пер.Маркаряна 2