

ИЗМЕРЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СПЕКТРА АДРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ ПИОНОВ В НЕЙ НА ВЫСОТЕ 2 км НАД УРОВНЕМ МОРЯ

Д. Т. ВАРДУМЯН, Г. А. МАРИКЯН, К. А. МАТЕВОСЯН

С помощью магнитно-искрового спектрометра измерен импульсный спектр адронной компоненты космических лучей и определена доля пионов в ней. Для показателя интегрального спектра импульсов в области 70—350 Гэв/с получено значение $\gamma = 1,6 \pm 0,2$, а для отношения числа заряженных пионов к числу протонов получена величина $1,50 \begin{matrix} +0,20 \\ -0,25 \end{matrix}$.

Определение доли пионов в адронной компоненте позволяет получить информацию о неупругих взаимодействиях частиц сверхвысоких энергий с ядрами атомов воздуха. Для этого применяется метод определения количества нейтронов в потоке адронов, на основании чего, в предположении об определенном отношении числа нейтронов и протонов, находится доля пионов в данном энергетическом интервале. При этом выделение адронов и измерение их энергии осуществляется с помощью калориметра.

Полученные такой методикой результаты имеют большой разброс [1]. Отличающиеся от этих результаты были получены на основе прямого метода — измерения ионизирующей способности частиц адронной компоненты со средней энергией 160 Гэв [2].

Следовательно, возникла необходимость в определении доли пионов другим, непосредственным методом. Одним из таких методов является метод магнитного спектрометра, поэтому, используя опыт создания высокоэффективных широкозазорных искровых камер [3], была построена установка (рис. 1), содержащая магнитно-искровой спектрометр и телескоп сцинтилляционных счетчиков [4].

Спектрометр содержит электромагнит с зазором $214 \times 60 \times 30$ см³ и две искровые камеры с размерами $80 \times 40 \times 39$ см³, расположенные одна над зазором, а другая под зазором магнита на расстоянии 303 см друг от друга. Геометрический фактор установки определяется размерами зазора магнита и равен 70 см²стерад.

Телескоп сцинтилляционных счетчиков состоит из трех рядов, включенных в схему совпадений, и служит для выделения частиц адронной компоненты с энергией выше порогового значения.

Ряд S_1 расположен над верхней искровой камерой, а ряды S_2 и S_3 — под нижней камерой: S_2 — под поглотителем, состоящим из свинца 65 г/см² и железа 185 г/см², а S_3 — 65 г/см² и 350 г/см² соответственно. Вещество над S_3 составляет 38 единиц радиационного пробега и обеспечивает исключение из регистрации практически всех электронов с энергией до 1000 Гэв.

Ряд C_1 выделяет импульс при прохождении через него одной или нескольких релятивистских частиц, C_2 — при прохождении ливня с числом частиц ≥ 10 , а C_3 — при прохождении ливня, число частиц в котором подбиралось, исходя из величины энергетического порога регистрируемых частиц. Этот порог устанавливался на основании измерений импульса частиц с помощью спектрометра и составлял ~ 20 Гэв. Это означает, что регистрировались те события, когда частица с энергией > 20 Гэв проходила через C_1 и претерпевала неупругое взаимодействие в веществе над C_2 , а генерированный ядро-электронный ливень достигал до C_2 и C_3 .

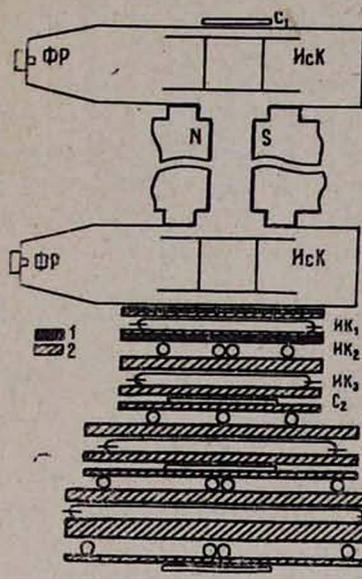


Рис. 1.

Рис. 1. Схематическое изображение установки: *ИсК* — искирные камеры; C_1, C_2, C_3, C_4 — сцинтилляционные счетчики; *ФР* — фоторегистраторы; *N, S* — полюса электромагнита; *ИК₁—ИК₈* — ионизационные камеры; 1 — свинец; 2 — железо.

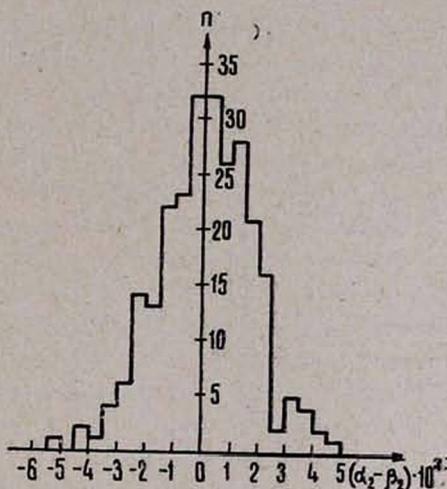


Рис. 2.

Рис. 2. Распределение разности вторых проекций углов входа и выхода частицы в магнитное поле.

Известно, что в плотном веществе длина каскадов от пионов и протонов различна. Оценочные расчеты показывают, что из-за этого на 2—3% различаются также эффективности регистрации пионов и протонов. Это было учтено при определении величины методических ошибок измерений.

Величина импульса частицы определялась на основе измерения (с помощью искирных камер) углов входа (α_1) и выхода (β_1) частицы в магнитное поле [4, 5].

Применяемая фоторегистрирующая система [5] позволяла идентифицировать треки в верхней и нижней камерах, принадлежащие одной и той же частице, и определять по две проекции углов входа и выхода частицы в магнитное поле: первые — в плоскости, перпендикулярной к магнитному полю (α_1 и β_1), вторые — в параллельной плоскости (α_2 и β_2).

Максимальное значение измеряемых импульсов было определено на основании распределения (рис. 2) разности вторых проекций углов входа и выхода ($\alpha_1 - \beta_1$).

В условиях нашего опыта отклонения частицы в плоскости, параллельной магнитному полю, незначительны, поэтому наблюдаемая разность вторых проекций углов входа и выхода можно, в основном, отнести за счет погрешностей измерений этих углов.

Методика определения разности α_1 и β_1 идентична определению ее для вторых проекций углов входа и выхода. Следовательно, на основании распределения на рис. 2 можно определить среднеквадратичное значение ошибок разности α_1 и β_1 . Оно оказалось $1,58 \cdot 10^{-3}$ рад для частиц с импульсом > 50 Гэв/с.

С учетом этих ошибок и погрешностей, связанных с определением эффективного значения магнитного поля $H_{эф} = 7500 \pm 300$ э, получаем, что максимальное значение измеряемых импульсов составляет 410 ± 100 Гэв/с.

В статистику для определения импульсного спектра адронной компоненты включены все случаи регистрации частиц, для которых имелась возможность идентифицировать треки в камерах и определить величину импульса. Среди них в интервале $50 \div 400$ Гэв/с, в основном, оказались одиночные (на площади $0,4$ м²) частицы и только 20% сопровождалась ливнями с плотностью < 30 м⁻² в объеме камеры.

Распределение числа частиц по интервалам импульсов представлено в таблице, где во второй графе приведены числа, полученные без учета поправок на эффективность регистрации частиц установкой, а в последней — с учетом поправок. Эти поправки связаны с тем, что сцинтилляционная система отбора событий имеет различную эффективность в различных интервалах энергии адронов. Величина этой эффективности была определена на основании распределения числа частиц ядерно-электронного ливня по глубине вещества [6].

Таблица

Интервал импульсов Гэв/с	Количество адронов	
	зарегистрированных	с учетом поправок на эффективность
50—70	117	177
70—96	131	187
90—132	100	133
132—184	73	90
184—254	34	39
254—350	22	24
>350	43	43

Рассмотрение экспериментальных данных показывает, что распределение частиц по импульсам в области $70 \div 350$ Гэв/с можно представить функцией вида $N(> p) \sim p^{-\gamma}$. При этом получается, что $\gamma = 1,60 \pm 0,20$ для данных с учетом поправок на эффективность регистрации частиц и $\gamma = 1,5$ для данных без учета поправок.

В интервале импульсов $50 \div 350$ Гэв/с содержится 465 частиц, из которых 322 имеют положительный знак заряда, а 143 — отрицательный знак. Следует отметить, что измерения проводились при двух альтернативных направлениях магнитного поля. В первом случае для отношения числа отрицательных и положительных частиц получилось значение $N_-/N_+ = 0,42 \pm 0,06$, а во втором — $0,46 \pm 0,06$, что указывает на отсутствие асимметрии в системе регистрации частиц.

Пренебрегая количеством каонов, можно считать, что зарегистрированные частицы, в основном, являются пионами. Среди них могут быть также мюоны, претерпевшие электромагнитное взаимодействие в веществе между сцинтилляционными счетчиками. Принимая, что такие мюоны составляют 7% [6], а отношение числа положительных и отрицательных мюонов есть 1, 2, и учитывая разность эффективных значений сечений взаимодействия протонов и пионов [7], для отношения числа заряженных пионов к числу протонов получаем

$$\frac{N_{\pi\pm}}{N_p} = 1,50 \begin{matrix} + 0,20 \\ - 0,25 \end{matrix},$$

где приведены суммарные значения ошибок, а методические ошибки составляют — 0,12 и + 0,19. Этот результат в пределах ошибок согласуется с данными [2], относящимися к высоте 3200 м над уровнем моря.

В заключение авторы выражают благодарность Э. А. Мамиджяну за ценные обсуждения результатов работы и Н. Х. Бостанджяну, А. П. Оганесяну, Р. Р. Аветисяну, Р. А. Еринджакяну, Д. Е. Егиазаряну, А. В. Багдасаряну и Д. Э. Захаряну за участие в получении экспериментальных данных.

Ереванский физический
институт

Поступила 15.I.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Мурзин и др. Труды Всесоюзной конференции по космическим лучам, ч. 1, 90 (1969). А. М. Абдуллаев и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 35, 2065 (1971)
2. А. I. APOCHTIN et al. 14th Intern. Cosmic Ray Conf., 7, 2517 (1975).
3. Н. Х. Бостанджян и др. ПТЭ, 1, 43 (1969).
4. Д. Т. Вардунян и др. Препринт ЕФИ—210—(2)—77.
5. В. В. Гусев и др. Труды ФИАН СССР, 46, 29 (1970).
6. Н. А. Гризоров и др. Частицы высоких энергий в космических лучах, М., 1973.
7. В. С. Мурзин и др. ЯФ, 14, 1214 (1971).

ՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԱԴՐՈՆԱՅԻՆ ԲԱՂԱԴՐԻՉԻ
ԻՄՊՈՒԿԱՅԻՆ ՍՊԵԿՏՐԻ ԶԱՓՈՒՄԸ ԵՎ ՊԻՈՆՆԵՐԻ ԲԱՂԱԴՐԱՄԱՍԻ
ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԾՈՎԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻՑ 2 ԿՄ ԲԱՐՁՐՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Գ. Տ. ՎԱՐԴՈՒՄՅԱՆ, Գ. Հ. ՄԱՐԻԿՅԱՆ, Կ. Ա. ՄԱԹԵՎՈՍՅԱՆ

Կալծային խցիկների և սցինտիլյացիոն հաշվիչների տեխնոլոգ ընդգրկող մագնիսական սպեկտրոմետրի օգնությամբ շափվել է ազրոնային բաղադրիչի իմպուլսային սպեկտրը և որոշ-

վել բաղաձայն լիցքով պիոնների քանակն այդ բաղադրիչում: 70-350 ԳեՎ/Շ միջակայքի համար ինտեգրալ իմպուլսային սպեկտրի ցուցիչի արժեքը ստացվել է $1,60 \pm 0,20$, իսկ լիցքավորված պիոնների և պրոտոնների քանակների հարաբերությունը՝ $1,50 \pm 0,25$:

MEASUREMENT OF THE MOMENTUM SPECTRUM OF COSMIC RAY HADRONIC COMPONENT AND THE DETERMINATION OF PION SHARE AT 2 km ALTITUDE

D. T. VARDUMYAN, G. A. MARIKYAN, K. A. MATEVOSYAN

The measurement of the momentum spectrum of cosmic ray hadronic component and the determination of pion share in it were made with a magnetic spark chamber spectrometer. The value of the integral momentum spectrum index $\gamma = 1,6 \pm 0,2$ was obtained in 70-350 GeV/c range. The ratio of the number of charged pions to that of protons made $1,50 \pm 0,25$.