

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-68I(7I)-83

Т.Л.АСАТИАНИ, С.В.АЛЧУДЖЯН, Л.И.КОЗЛИНЕР,
Г.С.МАРТИРОСЯН, С.В.ТЕР-АНТОНЯН

ИМПУЛЬСНЫЙ СПЕКТР И ЗАРЯДОВОЕ ОТНОШЕНИЕ
КОСМИЧЕСКИХ МЮОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ ДО 1 ТэВ

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

1. Введение

Исследование зарядового отношения и энергетического спектра мюонов под разными зенитными углами в области высоких энергий продолжает представлять интерес из-за несовпадения данных крупнейших магнитных спектрометров [7,12]. Значения показателя спектра рождения мюонов $\chi_{\mu\kappa}$, полученные на этих установках, не совпадают, хотя и наблюдается общая тенденция роста этого параметра с увеличением энергии. В работе [1] высказано предположение, что это различие обусловлено использованием при восстановлении спектра рождения различных аппроксимационных выражений. В предлагаемой работе $\chi_{\mu\kappa}$ определялась фитированием экспериментальных данных, полученных на Арагацком магнитном спектрометре, к известным теоретическим спектрам [8,9,10].

2. Экспериментальная установка

Арагацкий магнитный спектрометр установлен на высоте 3200м над уровнем моря [2-4]. Выделение проходящих мюонов осуществлялось с помощью сцинтилляционного телескопа, включенного в четырехкратную схему совпадений. Использование времяпролетной

методики значительно уменьшило запуск спектрометра от широких атмосферных ливней и исключило ложные срабатывания установки. Траектории мюонов регистрировались двумя двухсекционными широкозональными ищковыми камерами. Отклонение частиц в горизонтальной плоскости осуществлялось электромагнитом со сплошным железным сердечником. Восстановление пространственной траектории зарегистрированных частиц по фотографии одной проекции осуществлялось благодаря использованию оптических клиньев [5].

В табл. I приведены основные характеристики магнитного спектрометра.

3. Обработка экспериментальных данных

3.1. Методика обработки

Обработка фоновой информации и соответствующие измерения проводились с помощью автоматического устройства НРД, работающего в линию с ЭВМ PDP-9 и ЕС-1020. Для каждого события определялись: P - импульс мюона с учетом энергетических потерь, знак заряда; ϑ - зенитный и ψ - азимутальный углы; δ - сшивание.

Сшивание являлось критерием отбора истинных событий, оно определялось по разности экстраполированных на стенку магнита входных и выходных траекторий и, в силу их генетической связи, налагало жесткие ограничения на взаимное расположение этих траекторий. Гистограмма величины δ для полного набора статистического материала имела вид нормального распределения со средним значением $\bar{\delta} = 0$ и среднеквадратичным отклонением $\sigma_{\delta} = 10$ мм. События, для которых $\delta > 3\sigma_{\delta}$, исключались из дальнейшего рассмотрения. В итоге было отобрано $\sim 1,35 \cdot 10^4$ мюонов,

прошедших через установку, из которых $\sim 13\%$ составляли мюоны, идущие с сопровождением. Для восстановления падающего на установку энергетического спектра по измеренному применялись коррекции, связанные с функциями отклика спектрометра. Величина поправочного коэффициента складывалась из следующих параметров:

- 1) коррекции на максимально измеримый импульс спектрометра;
- 2) коррекций на многократное рассеяние и конечное разрешение прибора, возникающие из-за перекачки событий из одного энергетического интервала в другой;

- 3) коррекции на светосилу установки - заключающейся в том, что вероятность регистрации частиц зависит от импульсов падающих частиц, их углового распределения, эффективности работы выделяющей системы и геометрии установки. Для определения светосилы был разработан алгоритм Монте-Карло [6]. Суммарные значения корректирующих коэффициентов приведены в табл. 2.

3.2. Результаты измерений

Отобранные в результате обработки ~ 13500 событий были разбиты на 10 энергетических интервалов со средним значением зенитного угла $\sim 84^\circ$.

При коррекции этих данных соответствующими поправочными коэффициентами были получены относительные интенсивности и соответствующие статистические ошибки. Для получения абсолютного энергетического спектра эти значения нормировались абсолютным спектром, измеренным на спектрометре DEIS [7] в точке, соответствующей энергии 100 ГэВ. Результаты приведены в табл. 2.

Для получения углового распределения энергетического спектра весь диапазон зенитных углов был разбит на пять равных ин-

тервалов. Для каждого интервала проводились соответствующие коррекции. Нормирующий коэффициент для получения абсолютной интенсивности определялся по данным интервала $82 - 84^\circ$ работы [7]. Область $88 - 90^\circ$ в рассмотрение не вошла, так как наличие большого количества грунта на пути частиц под этими углами (склон горы) искажало полученную информацию. Дифференциальный энергетический спектр мюонов, измеренный под разными зенитными углами, приведен на рис. I. Там же приведены экспериментальные данные спектрометра DEIS [7] и теоретическая кривая, полученная из расчета [8].

Показатель спектра рождения $\gamma_{\mu\kappa}$ определялся фитированием экспериментальных данных по угловому распределению дифференциального энергетического спектра к теоретическим выражениям [8 - 10], связывающим мюонный спектр со спектром пионов и каонов. Фитирование проводилось методом χ^2 с помощью программы FUMILI [11]. В табл. 3 приведены полученные значения $\gamma_{\mu\kappa}$ по разным аппроксимациям. Там же приведены расчетные ошибки, вычисленные по матрице вторых производных и значения χ^2/ν (ν - число степеней свободы).

Интегральное зарядовое отношение в области $E \gg 100$ ГэВ/с равно $\sim 1,283 \pm 0,058$.

4. Заключение

Основные результаты по дифференциальному энергетическому спектру и зарядовому отношению, полученные на Арагацком магнитном спектрометре, можно сформулировать следующим образом:

I. Зенитно-угловое распределение энергетического спектра в интервале углов $80 - 88^\circ$ совпадает с данными, полученными на

спектрометре DEIS и согласуется с теоретической кривой, рассчитанной по формуле из работы [8].

2. Зарядовое отношение не зависит от энергии мюонов вплоть до 1000 ГэВ. Интегральное зарядовое отношение при $E \gg 100$ ГэВ равно $1,283 \pm 0,058$.

3. В энергетическом интервале $10 < E < 1000$ ГэВ значения в пределах экспериментальных ошибок не чувствительны к виду применяемой аппроксимации.

Авторы благодарны Мамиджянцу Э.А. и Авакяну В.В. за поддержку в работе и полезные обсуждения.

Таблица 1

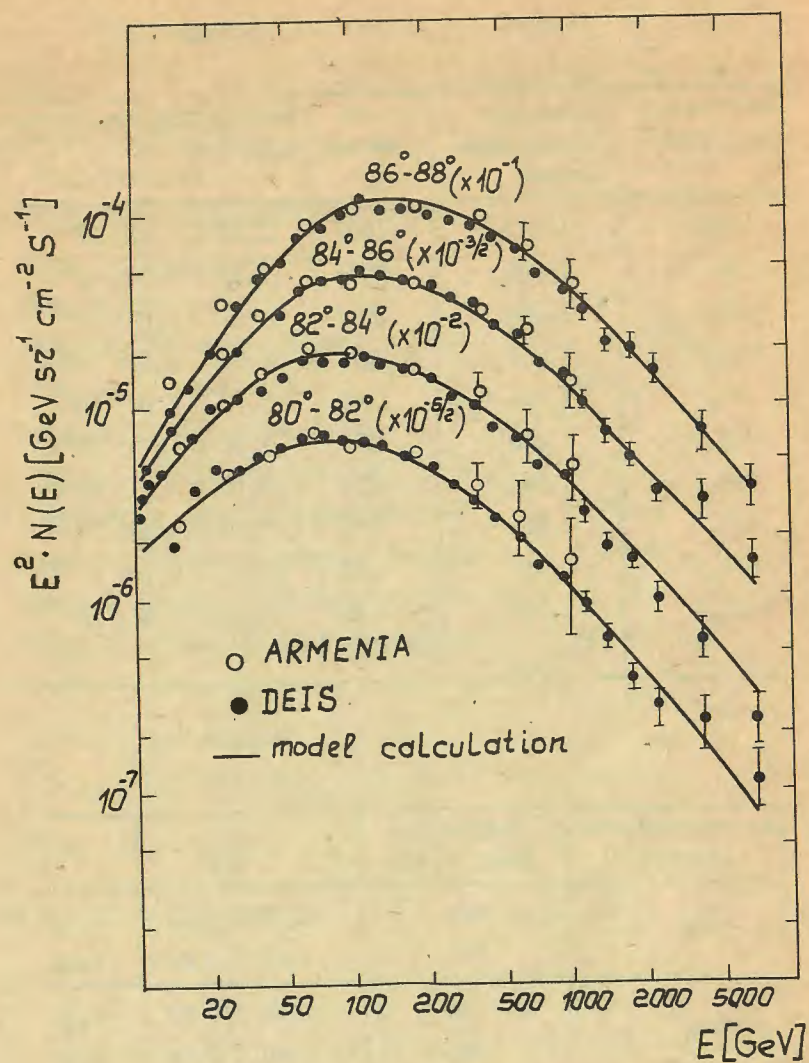
Магнит	сплошной, железный (211 x 80 x 80) см ³
Магнитная индукция	21,2 кГс
Отклоняющая сила	44,7 кГс м
Отношение среднеквадратичного угла многократного рассеяния к углу магнитного отклонения	0,13
Светосила спектрометра при	84,5 см ² ср
Интервал зенитных углов	80° - 90°
Интервал азимутальных углов	± 10°
Направление оси спектрометра	с70°3
Минимальный регистрирующий импульс	5 ГэВ/с
Максимальный регистрируемый импульс	1 ТэВ/с
Средняя частота срабатывания установки	35 ч ⁻¹
Средняя частота мюонных проходов	11 ч ⁻¹

Таблица 2

Энергия при рожд. (ГэВ)	Суммарные значен.коррекций	Число мюонов	Дифференциальная интенсивность см ⁻² ср ⁻¹ с ⁻¹ ГэВ ⁻¹
32,3	1,243	1865	(1,30 ± 0,03) 10 ⁻⁶
40,1	1,003	2232	(1,56 ± 0,03) 10 ⁻⁶
49,8	1,024	2017	(1,13 ± 0,03) 10 ⁻⁶
63,8	1,012	2471	(6,89 ± 0,13) 10 ⁻⁶
88,7	1,006	1900	(3,53 ± 0,07) 10 ⁻⁷
126,3	1,003	1357	(1,51 ± 0,04) 10 ⁻⁷
218,7	1,002	1227	(4,03 ± 0,11) 10 ⁻⁸
417,1	0,994	279	(7,79 ± 0,46) 10 ⁻⁹
679,9	0,927	112	(2,08 ± 0,19) 10 ⁻⁹
1016,1	0,795	46	(6,42 ± 0,94) 10 ⁻¹⁰

Таблица 3

Вид теоретическ. спектра	Энергия при рожд. (ГэВ)	$\gamma_{лк}$	χ^2/n
[8]	50	2,55 ± 0,02	0,13
	270	2,68 ± 0,04	0,02
[10]	50	2,52 ± 0,02	0,15
	270	2,68 ± 0,04	0,03
[9]	50	2,54 ± 0,02	0,12
	270	2,66 ± 0,04	0,03



Дифференциальный энергетический спектр мюонов под разными зенитными углами. 1 - Арагацкий магнитный спектрометр, 2 - спектрометр DEIS [7], 3 - расчет согласно работе [8]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kitamura T., Rapporteur paper on the muon sessions, ICRC Paris, France 1981, p.361.
2. Асатиани Т.Л., Алчуджян С.В., Газарян К.А. и др. Импульсный спектр мюонов космических лучей высоких энергий под большими зенитными углами. Изв. АН АрмССР, Физика, 1976, т. II, вып. 4.
3. Asatiani T.L., Alchudzhyan S.V., Gazaryan K.A. et al. Momentum spectrum and charge ratio of cosmic ray muons at zenith angle 840, Plavdiv 15th ICRC, VII.
4. Асатиани Т.Л., Алчуджян С.В., Амроян К.А. и др. Исследование горизонтального потока мюонов с помощью магнитного спектрометра и искрового калориметра. Изв. АН СССР, сер. физ. 1981, т. 45, № 8.
5. Асатиани Т.Л., Алчуджян С.В., Газарян К.А. и др. Метод оптических клиньев для пространственного восстановления траекторий частиц. ПТЭ, 1978, № 3.
6. Тер-Антонян С.В., Чилингарян А.А., Чилингарян Н.С. Численные методы расчета светосилы экспериментальных установок. Препринт ЕФИ-454(61)-80, Ереван, 1981.
7. Allkofer O.C., Bella G., Bleichert B.M. et al. The nearly horizontal Muon Spectrum at sea level up to 7 TeV, 16th ICRC ICRC, 1979, vol. 10, 50.
8. Maeda K. Energy and zenith Angle Dependence of Atmospheric Muons. Fortschritte der Physik 1973, 21, 113 - 154 (1973)

9. Bull R.M., Nash W.F. and Rastin B.C. The Momentum Spectrum and Charge Ratio of μ -Mesons at Sea-Level, II Nuovo Cim. 1965, vol.XL A, 365.
10. Зацепин Г.Т., Кузьмин В.А. ЖЭТФ, 1960, т.39, с.1677.
11. Соколов С.Н., Силян И.Н. Нахождение минимумов функционалов методом линеаризации. ОИЯИ, Д-810, Дубна, 1961.
12. Honda K., Higeshi S., Ida S. Measurement of Muon Spectrum and Charge Ratio from $P_{\mu} = 100 \text{ GeV}/c$ to $13 \text{ TeV}/c$ Using a Magnet Spectrograph 16th ICRC Kyoto Japan 1979, vol.10, p.59, MN2.1-6.

Рукопись поступила 25 июля 1983 г.

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

Заказ 355

ВФ-04570

Тираж 299

Препринт БФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 18/XI-83 г. Уч.-изд.л. П. 15 к.

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