

ФИЗИКА

В. КАМАЛЯН и член-корреспондент АН СССР А. АЛИХАНИЯ

О СПЕКТРЕ π -МЕЗОНОВ НА ВЫСОТЕ 3 200 МЕТРОВ

Настоящая работа была предпринята с целью измерения импульсного спектра π -мезонов, возникающих при столкновении нейтронов космического излучения с ядрами солнца. При столкновениях нуклонов сравнительно умеренных энергий с ядрами π -мезоны рождаются чаще, чем тяжелые мезоны. Поэтому в первом приближении импульсный спектр мезонов, возникающих в таких столкновениях, можно отождествить со спектром π -мезонов.

До последнего времени сведения о спектре π -мезонов в космическом излучении ограничивались данными, полученными Камерини ⁽¹⁾ на высоте стратосферы методом фотопластинок. Между тем для ряда задач весьма важно знать спектр π -мезонов на уровне моря и на высотах гор. Измерения импульсного спектра мезонов производились нами при помощи магнитного масс-спектрометра, установленного на высоте 3200 м над уровнем моря (г. Алагез). Магнитный спектрометр, описание которого можно найти в ^(2,3), был снабжен дополнительным годоскопическим устройством, состоящим из нескольких рядов счетчиков, прослоенных свинцовыми плитами толщиной 4—5 см. Годоскопическое устройство помещалось непосредственно над магнитным спектрометром и при его помощи можно было отмечать случаи генерации заряженных частиц нейтральной компонентой космического излучения.

Заряженная частица, возникающая в одной из свинцовых плит, далее исследовалась в магнитном спектрометре обычным образом: определялся импульс и знак заряда частицы, а для частиц, испытавших остановку в улавливающих фильтрах, измерялась величина массы. Среднеквадратичная ошибка в измерении импульса частицы не превышала 3% при импульсе $2 \cdot 10^8$ эв/с и 6% при 10^9 эв/с.

Отбор траекторий. При построении спектра мезонов мы отбирали только те частицы, траектории которых в плоскости магнитного отклонения содержали не менее 4 точек, удовлетворительно укладывающихся на окружность. При этом требовалось, чтобы в перпендикулярной проекции траектория частицы представляла прямую, не задевающую полюсов магнита. Из всех правильных траекторий нами использовались те, у которых отсутствовало срабатывание по крайней мере ряда 0,

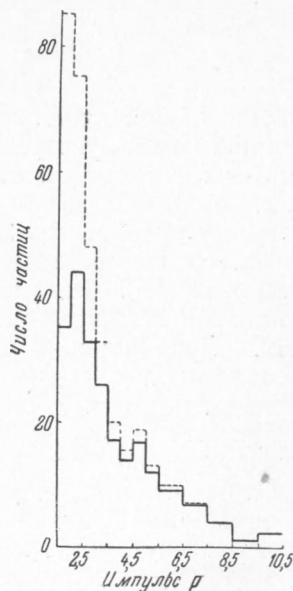


Рис. 1. Импульсный спектр мезонов отрицательного знака

прикрывавшего сверху свинцовые плиты, или дополнительно других рядов годоскопического устройства (³). Такие частицы мы считали генерированными в свинце нейтральной компонентой космического излучения. При этом иногда наблюдались кратные загорания счетчиков в некоторых рядах годоскопического устройства, вызванные многолучевыми звездами, вызванными нейтронами высокой энергии.

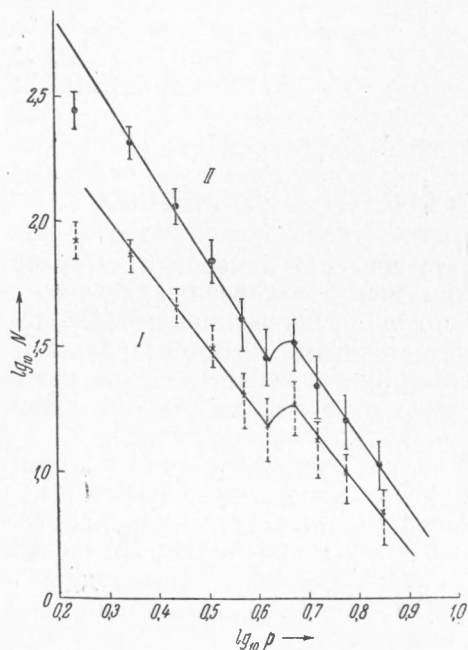


Рис. 2

плиты общей толщиной 35 г/см². В дальнейшем частицы, прошедшие через указанные толщи фильтров, мы условно будем называть «жесткими», в отличие от «мягких», застрявших в этих фильтрах.

Результаты измерений. Анализ состава излучения, генерированного в свинце нейтронами космического излучения, приводился в работах (⁴⁻⁶). Было показано, что большинство заряженных частиц, возникающих при этом, является протонами, а меньшая часть — мезонами. При больших энергиях, как известно, возникают трудности идентификации частиц, которые в фотометоде приводят к невозможности разделения протонов от мезонов.

Магнитный масс-спектрометр позволяет по знаку заряда надежно отличать мезоны от протонов даже при очень больших энергиях (⁷). Для того чтобы полностью исключить протоны, в настоящей работе мы приводим импульсный спектр частиц отрицательного знака. В интервале импульсов 1,5 — 10,5 · 10⁸ эв/с всего нами было зарегистрировано 247 отрицательных частиц, удовлетворяющих указанным правилам отбора. На рис. 1 приведен импульсный спектр, построенный по этим частицам независимо от того, остановились они в улавливающем устройстве или прошли через него. Пунктирной линией (так же, как и на рис. 3) показан спектр, исправленный на магнитную светосилу прибора.

Как видно из рис. 1, число частиц резко уменьшается с увеличением импульса. Полученный нами спектр хорошо описывается степенной функцией вида $N(p) = kp^{-\gamma}$ при $\gamma = 2,7 \pm 0,2$. Это видно из рис. 2, где приведен тот же спектр в дважды логарифмической шкале.

Чаще всего мы фиксировали в магнитном спектрометре одиночные траектории, хотя в некоторых случаях компоненты звезды доходили до первого ряда счетчиков масс-спектрометра и вызывали в нем дополнительные загорания. При построении спектра мы использовали как одиночные траектории, так и траектории частиц с лишними загораниями счетчиков 1-го ряда. В ряде случаев 2 или большее число компонент звезды проходили через масс-спектрометр с малым углом расхождения. Повидимому, такие звезды вызывались нейтронами очень высокой энергии. Траектории частиц, входящих в такие звезды, нами не использовались.

В качестве улавливающих фильтров в одной серии измерений использовались медные пластины общей толщиной 59 г/см², а в другой серии графитовые

Обращает на себя внимание нерегулярность при импульсе $4,5 - 5 \cdot 10^8$ эв/с, после которого падение спектра происходит примерно с тем же наклоном, как и при малых импульсах. Подобная нерегулярность в ходе спектра при энергии 500—750 Мэв наблюдается и в спектре Камерини.

Сравнивая спектр π -мезонов, полученный в этой работе, со спектром Камерини, мы обнаруживаем резкое отличие в ходе спектров. На высоте стратосферы спектр Камерини описывается тоже степенной функцией, однако со значительно меньшим показателем степени ($\gamma = 1,5$). Полученное нами значение $\gamma = 2,7 \pm 0,2$ является минимальным, так как относится к спектру мезонов, выходящих из толстого блока свинца. Истинный спектр рождения π -мезонов можно получить из измеренного нами, если ввести поправки, связанные с ионизационными потерями, которые испытывают мезоны в свинцовых блоках. Полагая, что ядерное поглощение π -мезонов мало зависит от энергии, и вводя поправки на ионизационное поглощение* в свинцовых плитах, получим кривую II, приведенную на рис. 2. Как и следовало ожидать, исправленный спектр отличается еще более крутым ходом (показатель степени $\gamma = 3,0 \pm 0,2$).

Таким образом, из наших измерений следует, что спектр π -мезонов на горных высотах существенно отличается от спектра, наблюдающегося на больших высотах. Интересно, что форма спектра и показатель степени очень близко совпадают со спектром и показателем, полученными А. Дадаеюм и Г. Мерзоном для протонов, рождающихся в свинце под действием быстрых нейтронов.

На рис. 3 приведен импульсный спектр мезонов отрицательного знака, прошедших через все фильтры улавливающего устройства. И здесь число мезонов весьма резко падает с увеличением импульса, и γ оказывается равным $\sim 3,0$. При импульсе $p = 4,5 \cdot 10^8$ эв/с плавное падение нарушается, и число частиц заметно возрастает вплоть до $p = 6 - 6,5 \cdot 10^8$ эв/с. Такой характер спектра мезонов, особенно ярко выраженный в случае жестких мезонов, может быть вызван тем, что среди частиц, генерированных в свинце, кроме π -мезонов имеются и более тяжелые мезоны. В самом деле, только те тяжелые мезоны с массой $1000 m_e$ могут пройти через все улавливающее устройство и попасть в категорию жестких, у которых импульс больше, чем $5 \cdot 10^8$ эв/с. Для частиц с массой $550 m_e$ это граничное значение импульса равно $3,5 - 4,0 \cdot 10^8$ эв/с.

Если наблюдающийся максимум на рис. 3 обусловлен наличием в спектре мезонов более тяжелых, чем π -мезон, то их интенсивность составляет $\sim 15-20\%$ от всех π -мезонов в одном и том же интервале импульсов. Такое объяснение аномального поведения импульсного спектра мезонов кажется нам правдоподобным, тем более что оно особенно резко выражено в спектре «жестких» мезонов. Выяснение природы аномального вида спектра требует дальнейшего исследования.

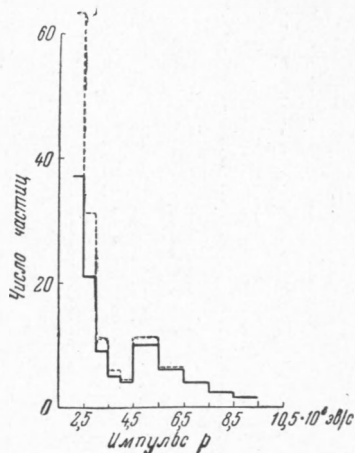


Рис. 3. Импульсный спектр мезонов отрицательного знака, прошедших ≥ 35 г/см² С («жесткие»)

* Эти поправки были вычислены И. И. Гольдманом и М. А. Тер-Микаеляном, которым авторы выражают благодарность.

В заключение приносим благодарность А. В. Хримяну, участвовавшему в части измерений, а также А. Гальперу и Г. Гранбергу, принимавшим участие в монтаже и измерениях.

Физический институт
Академии наук Арм. ССР

Поступило
19 IV 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ U. Camerini et al., Phil. Mag., 42, 1241 (1951). ² А. Хримян, ДАН, 94, № 5, 853 (1954). ³ В. Камалян, ДАН, 95, № 6 (1954). ⁴ А. Алиханян, М. Дайон, В. Харитонов, ЖЭТФ, 19, 739 (1949). ⁵ А. Дадаян, Г. Мерзон, ДАН, 86, № 2, 259 (1952). ⁶ М. Дайон, ДАН, 86, № 6, 1093 (1952). ⁷ А. Хримян, ДАН, 96, № 6 (1954).