

ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ НЕУПРУГОГО ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В Pb И Al С ПОМОЩЬЮ ИСКРОВЫХ КАМЕР И ИОНИЗАЦИОННОГО КАЛОРИМЕТРА

Н. Х. БОСТАНДЖЯН, Д. Т. ВАРДУМЯН, Г. А. МАРИКЯН,
К. А. МАТЕВОСЯН

Методом непосредственной регистрации места неупругого взаимодействия адронов в мишенях, расположенных между широкозазорными искровыми камерами, определены величины сечений $\sigma_{Al} = \left(398^{+45}_{-30} \right)$ мбарн и $\sigma_{Pb} = \left(1670^{+240}_{-200} \right)$ мбарн соответственно для алюминия и свинца при средней энергии адронов 450 Гэв.

Установка [1, 2], предназначенная для исследования ядерных взаимодействий, содержит ионизационный калориметр, широкозазорные искровые камеры, расположенные над калориметром, и систему годоскопических счетчиков Гейгера-Мюллера. В калориметре—9 рядов ионизационных камер, расположенных между слоями железа с общей толщиной 820 г/см². Над первым рядом находится свинцовый поглотитель толщиной 45 г/см², предназначенный для выделения электронно-фотонной компоненты.

Когда заряженная частица проходила через ряды счетчиков Гейгера-Мюллера, один из которых находился над искровыми камерами, а другой—под ними, и в калориметре (II—VIII рядах) образовывала ливень с числом частиц, большим порогового ($E \geq 10^{11}$ эв), происходила регистрация событий. С целью уменьшения доли боковых событий крайние ионизационные камеры в рядах калориметра были исключены из схемы совпадений. Эффективная светосила установки составляла 0,25 м² стерадиан.

Искровые камеры служат для определения направления первичной ядерно-активной частицы, регистрируемой калориметром, и установления места неупругого взаимодействия в мишенях, расположенных между камерами, а также для определения числа и направления вторичных частиц этого взаимодействия.

В одной серии измерений над калориметром находились 4 искровые камеры с размерами 106×60×10 см³, между которыми в одном отсеке находилась свинцовая мишень толщиной 28 г/см² и алюминиевая мишень толщиной 2,7 г/см² (электроды камер), а в остальных двух—алюминиевая мишень толщиной 16,6 г/см². В другой серии вместо нижних двух искровых камер с межэлектродным зазором по 10 см стояли подобные же камеры с зазором по 20 см, что увеличивало точность определения места взаимодействия.

Сечение неупругого ядерного взаимодействия измерялось методом непосредственного определения числа (N_1) частиц, прошедших через мишени без взаимодействия, и частиц (N_2), претерпевших неупругое взаимодей-

ствие. Сечение взаимодействия, например, для свинца определялось формулой

$$\tau_{pb} = \frac{A}{x_{pb} N} \left[\ln \left(1 + \frac{N_2}{N_1} \right) - \frac{x_{Al}}{\lambda_{Al}} \right],$$

где x_{pb} — толщина свинца, x_{Al} — толщина алюминия, λ_{Al} — пробег неупругого взаимодействия в алюминии, A — атомный вес свинца, N — число Авогадро. Для λ_{Al} была взята величина, полученная в этом эксперименте.

Отбирались случаи, удовлетворяющие следующим критериям. Требовалось, чтобы

- 1) четко выделенный электронно-ядерный ливень был зарегистрирован не менее чем в четырех рядах (не считая I ряда) калориметра;
- 2) направление ствола ливня в калориметре в пределах не более чем 5° совпадало с направлением первичной частицы в искровом телескопе;
- 3) в случае структурного ливня в каждом ряду ионизационных камер между ливнями было не менее двух несработавших камер и по искровому телескопу четко определялось направление первичной частицы отбираемого ливня.

В основном отбирались одиночные частицы и считалось, что частица неупруго провзаимодействовала в той или иной мишени, если наблюдались $n_s \geq 2$ вторичных частиц. Согласно нашим опытным данным пространственная разрешающая способность искровой камеры составляла две частицы на 1 см, что в расчете на углы соответствует 5° для камеры с межэлектродным зазором 10 см и еще меньше при зазоре 20 см.

Как известно, при взаимодействиях частиц высокой энергии ($E = 10^{11} - 10^{12}$ эв) угол разлета частиц меньше 5° и поэтому весь узкий конус вторичных частиц выглядит как один след. Однако благодаря наличию частиц широкого конуса эффективность регистрации таких взаимодействий довольно высока. Как показала обработка сводных данных [3] по взаимодействиям с ядрами атомов ядерной эмульсии, в угловом диапазоне ($5^\circ - 35^\circ$) в среднем на взаимодействие приходится 6,1 частиц и 4,9 частиц при энергиях первичной частицы соответственно 10^{11} эв и 10^{12} эв.

Все вторичные частицы имеют энергию больше 200 Мэв и, следовательно, выходят из мишени, в которой они рождаются, и с большой вероятностью могут быть зарегистрированы последующей искровой камерой.

Принятые нами критерии не учитывают те события, в которых родилась только одна частица. В работе [4], где энергия первичных частиц была 100 Гэв, из 52 случаев изученных методом ядерной фотоэмульсии взаимодействий нет событий с $n_s = 1$ и имеются только 2 случая с $n_s = 2$ и всего 8 случаев с $n_s = 5$.

Таким образом, с учетом 96% эффективности регистрации искровыми камерами двух следов при больших задержках (10—15 мксек) доля незарегистрированных взаимодействий будет меньше, чем 0,2%.

В использованном методе величина сечения неупругого взаимодействия может быть занижена из-за регистрации установкой электромагнит-

ных взаимодействий мюонов в поглотителе калориметра. Нами оценено ожидаемое число событий, обусловленных прохождением мюонов через установку. Согласно этим оценкам в общем числе отобранных событий вклад мюонов не превышает 6%. Выделение таких событий проведено экспериментально при помощи каскадных кривых, рассчитанных для железа с учетом порога регистрации ионизации в отдельном канале усилителя. Требовалось также, чтобы распределение ионизации по глубине калориметра в пределах ошибок соответствовало теоретическим расчетам электромагнитного каскада. Исключая эти события из анализа, мы получаем результаты, почти полностью свободные от влияния мюонов.

В рассматриваемом интервале энергий ядерно-активных частиц основным электромагнитным процессом, который может приводить к ложному представлению акта неупругого взаимодействия, происшедшего в мишени, расположенной между искровыми камерами, является образование δ -электронов больших энергий.

Нами была рассчитана вероятность того, что ядерно-активная частица в мишени установки, расположенной между искровыми камерами, выбьет δ -электрон, который может быть зарегистрирован нижней искровой камерой, и что в принципе его нельзя отличить от акта неупругого взаимодействия ядерно-активной частицы в данной мишени. Вклад таких энергичных δ -электронов, которые могут имитировать неупругие ядерные взаимодействия, порядка 0,6%.

Сводка экспериментальных данных приведена в таблице, где σ — сечение, соответствующее данному пробегу неупругого взаимодействия.

Приведенные ошибки в определении сечения включают в себя статистические ошибки и поправки, учитывающие геометрию установки и наличие мюонов в потоке заряженных частиц, а также возможное образование δ -электронов [5]. Средняя энергия частиц, включенных в общую статистику, составляет 450 Гэв.

Таблица

Мишень	N_1	N_2	σ , мбарн	α
Al	685	112	398^{+45}_{-30}	$0,71^{+0,10}_{-0,12}$
Pb	382	66	1670^{+240}_{-200}	

Используя полученные значения сечения неупругого взаимодействия адронов с ядрами атомов свинца и алюминия, можно определить показатель в формуле зависимости сечения от атомного веса вещества ($\sigma = \sigma_0 A^\alpha$)

$$\alpha = 0,71^{+0,10}_{-0,12}.$$

В заключение выражаем благодарность А. П. Оганесяну, А. К. Унаняну и Р. А. Еринджакяну за активную помощь в проведении эксперимента.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Н. Х. Бостанджян, Д. Т. Вардумян, Г. А. Марикян, К. А. Матевосян, А. П. Оганесян. ПТЭ, 1, 43 (1969).
2. Д. Т. Вардумян, Г. А. Марикян, К. А. Матевосян, А. П. Оганесян. Изв. АН АрмССР, Физика, 2, 47 (1967).
3. Т. Kobayashi. Science Enginery Research. Lab. Wareale Univ., Tokyo, Japan, 1963.
4. E. Lohman, M. Teucher, M. Shein. Phys. Rev., 122, 672 (1961).
5. К. А. Матевосян. Кандидатская диссертация, Ереван, 1971.

ԿԱՊԱՐԻ ԵՎ ԱՆՅՈՒՄԻՆԻՈՒՄԻ ՄԵՋ ՈՋ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՄԻՋՈՒՆԿԱՅԻՆ
ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԿՏՐՎԱԾՔԻ ՉԱՓՈՒՄԸ ԿԱՅԾԱՅԻՆ ԽՑԻԿՆԵՐԻ
ԵՎ ԻՈՆԱՑՄԱՆ ԿԱԼՈՐԻՄԵՏՐԻ ՕԳՆՈՒԹՅԱՄԲ

Ն. Խ. ԲՈՍՏԱՆՋՅԱՆ, Դ. Տ. ՎԱՐԴՈՒՄՅԱՆ, Գ. Հ. ՄԱՐԻԿՅԱՆ, Կ. Ա. ՄԱԹԵՎՈՍՅԱՆ

Կայծային խցիկների միջև գտնվող թիրախներում ազրոնների ոչ առաձգական միջուկային փոխազդեցության տեղի անմիջական արձանագրման եղանակով որոշվել է փոխազդեցության կտրվածքների մեծությունը՝ $\sigma_{Al} = (398 \pm 45)$ մբարև և $\sigma_{Pb} = (1670 \pm 240)$ մբարև, համապատասխանաբար ալյումինիումի ու կապարի համար, ազրոնների էներգիայի 450 ԳԷՎ միջին արժեքի դեպքում:

MEASUREMENT OF THE CROSS SECTION OF INELASTIC NUCLEAR INTERACTIONS IN LEAD AND ALUMINUM BY MEANS OF SPARK CHAMBERS AND IONISATION CALORIMETER

N. Kh. BOSTANJIAN, D. T. VARDUMIAN, G. H. MARIKIAN, K. A. MATEVOSIAN

The cross sections of inelastic interactions of cosmic ray hadrons of average energies 450 GeV have been measured by direct registration of the place of interaction in target between wide-gap spark chambers. The cross sections were found to be $\sigma_{Al} = (398 \pm 45)$ mb and $\sigma_{Pb} = (1670 \pm 240)$ mb in aluminum and lead respectively.