

ФИЗИКА

Н. М. Кочарян, чл-корр. АН Армянской ССР, и Р. Б. Бегжанов

Взаимодействие протонов с ядрами свинца в области энергий
от 0,89 до 15 Бэв

(Представлено 25.III.1957)

Знание полных сечений неупругого взаимодействия протонов больших энергий с ядрами представляет особый интерес для выяснения характера взаимодействия нуклонов с ядрами.

С целью получения новых данных о взаимодействии протонов, нами были произведены измерения полных неупругих сечений протонов с ядрами свинца со средней энергией до 15 Бэв.

До последнего времени более или менее точные данные о полном сечении взаимодействия протонов с ядрами свинца относились к энергиям до 860 Мэв (¹). Сечение неупругого взаимодействия нейтронов исследовано до 1,4 Бэв (²). В области энергий частиц космических лучей эффективное сечение определялось для т. н. N' — компоненты космического излучения. В одних случаях это делалось в фотоэмульсии, где смесь различных элементов не позволяла получать однозначное решение для ядра определенного элемента. В других же случаях охватываемый интервал энергий частиц весьма широк и не во всех случаях достаточно определен, вследствие чего нельзя сказать, к каким энергиям исследуемых частиц относится определяемое сечение взаимодействия.

Измерения производились на Алагезской станции космических лучей (3250 м над уровнем моря) с помощью магнитного спектрометра, описание которого приведено в нашей предыдущей работе (³). Протоны вместе с π -мезонами генерировались нейтральной компонентой космического излучения (нейтронами) в медном поглотителе, расположенном выше магнита, как это впервые сделано в работе (⁴).

Для определения сечения неупругого взаимодействия σ мы воспользовались ослаблением пучка протонов, которое происходит по закону $e^{-x/\lambda}$, где x — толщина поглотителя, через который частица проходит без взаимодействия, и λ — средняя длина свободного пробега по неупругим столкновениям. Последнее и дает возможность определить σ . Таким образом, измерение величины σ сводится к точному опреде-

лению, из всего потока частиц, числа частиц, прошедших слой поглотителя без взаимодействия. Для этой цели мы использовали преимущество магнитного спектрометра ⁽³⁾: между поглотителями счетчики малого диаметра располагались крест на крест и все счетчики были годоскопическими. Это дало возможность надежно установить прохождение частицы через данный поглотитель и выделить случаи, когда имеет место неупругое ядерное взаимодействие.

Генерированные нейтронами положительно заряженные частицы могли быть протонами и π^+ — мезонами. Мы не имели возможности непосредственно произвести точное разделение друг от друга потоков протонов и π^+ — мезонов, в области рассматриваемых нами энергий. Однако это разделение можно произвести, если воспользоваться данными, относящимися к отрицательным π -мезонам. Система поглотителей (поверхностная плотность $300 \text{ г/см}^2 \text{ Pb}$), расположенных под магнитным зазором, позволяла произвести непосредственное разделение потоков генерированных протонов и π^+ — мезонов при импульсах $p \leq 1 \text{ Бэв} \cdot \text{с}^{-1}$. Оказалось, что числа отрицательных и положительных π^+ -мезонов приблизительно равны. Для исключения потока π^+ -мезонов из потока протонов при $p > 1 \text{ Вэв} \cdot \text{с}^{-1}$, предполагалось, что в этой области импульсов отношение чисел мезонов с тем или другим знаком заряда равно единице ⁽⁵⁻⁷⁾. В соответствии с этим для получения числа протонов из общего числа положительных частиц вычиталось число отрицательных π -мезонов. Таким образом, делалось предположение, что поперечные сечения неупругого ядерного взаимодействия π -мезонов обоих знаков в области рассматриваемых в работе энергий равны друг другу.

В результате измерений, проведенных в течение шести месяцев, нами было получено годных для обработки 1100 протонных траекторий с энергией $E \geq 0,89 \text{ Бэв}$.

Обработка траекторий производилась путем нанесения их на трафареты, на которых в масштабе была изображена схема установки в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях (подробнее см. ⁽³⁾). Полученные результаты о полном поперечном сечении неупругого взаимодействия протонов с ядрами свинца, с учетом поправок, приведены в табл. 1.

Для сравнения полученных данных с данными других авторов укажем, что в ⁽¹⁾ для сечения неупругого взаимодействия протонов с $E = 860 \text{ Мэв}$ в свинце найдено сечение, совпадающее с сечением, полученным в ⁽²⁾ для нейтронов с $E = 1,4 \text{ Бэв}$. Наши данные для указанных энергий, в пределах ошибок, совпадают с приведенными в ^(1, 2).

Если „геометрические“ размеры ядра, определяемые сферой действия ядерных сил, соответствуют радиусу $R = r_0 \cdot A^{1/2}$, где $r_0 = 1,4 \cdot 10^{-13} \text{ см}$ (из опытов по рассеянию нейтронов и протонов) A — атомный вес, то геометрическое сечение $\sigma_0 = \pi R^2$. Для „непрозрачного“ ядра сечение, определяемое на опыте, должно совпадать с геометрическим сечением. Другими словами, это означает, что каждая

Таблица 1

Полное поперечное сечение неупругого взаимодействия протонов

Интервалы импульсов в Бэв/с	Средняя кинетическая энергия протонов в Бэв	Поглотители		Общее число частиц		Число частиц, испытавших неупругое взаимодействие в каждом поглотителе								Поперечное сечение ядер. взаимодействия протонов в единицах 10^{-27} см ²
		название	суммарная толщ. в г/см ²	P+π ⁺	π ⁻	П ₁		П ₂		П ₃		П ₄		
						P+π	π ⁻	P+π ⁺	π ⁻	P+π ⁺	π ⁻	P+π ⁺	π ⁻	
1,32—1,59	0,89	П ₁ —П ₂	115,5	326	53	109	19	45	7	—	—	—	—	1720 ± 130
1,59—1,99	1,05	то же	то же	286	52	98	19	33	8	—	—	—	—	1695 ± 150
1,99—2,65	1,53	П ₁ —П ₃	163,0	234	41	78	15	28	6	37	8	—	—	1720 ± 180
2,65—3,98	2,37	то же	то же	175	37	64	11	12	8	21	4	—	—	1702 ± 185
3,19—5,30	3,15	П ₁ —П ₄	242,22	157	40	55	13	19	8	23	6	16	4	1791 ± 220
3,98—7,95	4,44	то же	то же	111	34	37	11	17	5	19	6	11	4	1950 ± 260
5,30—15,9	7,10	то же	то же	64	27	21	9	9	4	8	4	8	3	1711 ± 300
7,95—∞	15,0	то же	то же	51	29	17	9	8	5	7	5	7	5	1820 ± 360

частица достаточно высокой энергии, прошедшая в сфере действия ядерных сил, должна привести к неупругому ядерному взаимодействию. Однако наши данные, указывая на некоторую прозрачность ядер свинца для протонов больших энергий, позволяют сделать следующие выводы:

1) полное поперечное сечение неупругого взаимодействия протонов в свинце, в области энергий $0,89 \leq E \leq 15$ Бэв, по-видимому, не меняется и равно приблизительно $\sigma = (1740 \pm 90)$ мбарн, что соответствует прозрачности 17%;

2) из этой, а также из предыдущей нашей работы (³), следует, что поперечное сечение неупругого взаимодействия π^- -мезонов с ядрами свинца больше поперечного сечения для протонов и при энергиях $0,8 \leq E \leq 16$ Бэв имеет величину $\sigma = (1920 \pm 100)$ мбарн, что соответствует прозрачности 10%.

Выражаем благодарность А. И. Алиханяну за представление возможности для проведения настоящих измерений, а также З. А. Киракосян, Х. Б. Пачаджяну и А. С. Алексаняну за участие в части измерений.

Физический институт Академии наук
Армянской ССР

Ն. Մ. ՔՈՉԱՐՅԱՆ ԵՎ Ռ. Բ. ԲԵՂԺԱՆՈՎ

Պրոտոնների փոխազդեցությունը կապարի միջուկի հետ 0,89-ից մինչև 15 Bev էներգիայի տիրույթի համար

Նախորդ աշխատանքում (³) մենք բերել էինք մագնիսական սպեկտրոմետրի նոր սարքավորման նկարագրությունը, որի միջոցով կատարված էր π^- -մեզոնների միջուկային փոխազդեցության ոչ առաձգական լայնական կտրվածքի չափումը մինչև 15 Bev էներգիաների համար: Ներկա աշխատանքում նույն սարքավորման միջոցով տարվել են չափումներ, որոնց նպատակն է որոշել պրոտոնների միջուկային փոխազդեցության σ լայնական կտրվածքը կապարի միջուկում 0,89-ից մինչև 15 Bev էներգիա ունեցող պրոտոնների համար: Գրականության մեջ հայտնի են σ -ի արժեքները մինչև 860 Mev պրոտոնների (¹) և 1,4 Bev նեյտրոնների (²) համար: Մեր չափման արդյունքները բերված են 1-ին աղյուսակում: Ինչպես երևում է այդ աղյուսակի տվյալներից պրոտոնների ոչ առաձգական միջուկային փոխազդեցության լայնական կտրվածքը կապարի միջուկի հետ փորձի սխալների սահմաններում էներգիաների 0,89-ից մինչև 15 Bev տիրույթը մնում է հաստատուն և հավասար է 1762 ± 31 մրարն, մինչդեռ կապարի միջուկի երկրաչափական լայնական կտրվածքը մոտավորապես 1920 ± 25 մրարն է: Այստեղից հետևում է, որ կապարի միջուկը որոշ չափով թափանցիկ է պրոտոնների համար: Այդ թափանցիկությունը կազմում է մոտ 17%: Նախորդ մեր չափումների (³) համեմատումից հետևում է, որ π^- -մեզոնների համար կապարի միջուկի թափանցիկությունը ավելի պակաս է, կազմելով մոտ 10%:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Ф. Чтен, П. Христофор и др. Phys. Rev. 99, 857, 1955. ² Т. Кур, Д. Хилл и др. Phys. Rev. 98, 1369, 1955. ³ Н. Кочарян, Р. Бегжанов и Х. Пачаджян, ДАН АрмССР, т. XXIV, № 4, 1957. ⁴ А. Алиханян, М. Дайон, В. Харитонов, ЖЭТФ. 19, 739, 1949. ⁵ Н. Кочарян, Г. Саакян и др. Изв. АН СССР, сер. физ. 19, 508, 1955. ⁶ А. Хримлян, Изв. АН СССР, сер. физ. 19, 700, 1955. ⁷ Г. Жданов, УФН, т. 54, вып. 3, 1954.