Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 2

ФИЗИКА

Н. А. МИТИН и Е. Л. ГРИГОРЬЕВ

НЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ π-МЕЗОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 300 Мэв НА СЛОЖНЫХ ЯДРАХ

(Представлено академиком Л. А. Арцимовичем 5 V 1955)

В работах ([1], [2]) обращено внимание на такие особенности неупругого рассеяния π^--мезонов высокой энергии на ядрах, как сильно выраженная неизотропность рассеяния и большие потери энергии. Авторы объясняют эти особенности рассеяния квазиупругими столкновениями налетающих π^--мезонов с отдельными нуклонами ядра. Эксперименты ([3]) по определению зависимости от энергии полных сечений взаимодействия π^--мезонов с ядрами, проведенные в широком интервале энергий, также свидетельствуют о том, что быстрые π^--мезоны взаимодействуют с отдельными нуклонами в ядре.

В настоящей работе были измерены угловое и энергетическое распределения π^--мезонов с начальной энергией 300 Мэв, неупруго рассеянных на ядрах в фотоэмульсии.

Электроночувствительные фотопластинки с толщиной слоя эмульсии 400 μ облучались в выведенном в атмосферу пучке π^--мезонов. Мезоны возникали в графитовой мишени при бомбардировке ее протонами с энергией около 670 Мэв. Просмотр пластинок производился под микроскопом при увеличении 630×. Регистрировались акты ядерного взаимодействия π^--мезонов, при которых возникает одна или несколько заряженных частиц, образующих в эмульсии черные следы. Идентификация частиц, выходящих из эмульсии, и определение их энергии осуществлялись совместным применением методов измерения многократного рассеяния частиц и счета плотности зерен в их следах. Принадлежность к мезонам частиц, остановившихся в эмульсии, определялась визуально, и их энергия измерялась по остаточному пробегу. Для измерения многократного рассеяния отбирались следы, длина которых в эмульсии была не менее 2000 μ. Все измерения ограничивались интервалом углов рассеяния 10—170°, поскольку высокая плотность начального потока мезонов в эмульсии затрудняла измерение многократного рассеяния частиц, вылетавших или под очень малыми или под большими углами. Искажения эмульсии были невелики и не вносили заметных ошибок в результаты измерения многократного рассеяния. Статистические ошибки при измерении энергии составляли в среднем 15%.

При просмотре 20 см^2 фотоэмульсии было зарегистрировано 4900 случаев взаимодействия π^--мезонов с ядрами. Среди них было найдено 122 случая неупругого рассеяния, в которых следы π^--мезонов удовлетворяли указанным выше условиям отбора, и 24 случая, в которых рассеянные мезоны имели энергии в интервале 0—12 Мэв и останавливались в эмульсии. Из последней группы медленных мезонов только 16 случаев были использованы для построения спектра неупруго рассеянных π^--мезонов. Микропроекция одного из случаев, в котором вторичный π^--мезон имеет энергию 1,5 Мэв, представлена на рис. 1*а*.

Энергетическое распределение рассеянных π^--мезонов изображено на рис. 2. Средняя энергия в спектре составляет 80 Мэв. Таким образом, π^--мезоны при неупругом взаимодействии с ядром теряют в среднем около 220 Мэв. Такие большие потери энергии не могут быть объяснены однократными столкновениями налетающих π^--мезонов с нуклонами в ядре и тем более с группами нуклонов. Действительно, наибольшая энергия, которая в условиях этого опыта может быть в одном столкновении передана π^--мезоном нуклону внутри ядра, равна 240 Мэв, но подобные столкновения с максимальной передачей энергии должны быть крайне редки. Поэтому естественно полагать, что π^--мезон теряет свою энергию в ряде последовательных столкновений с нуклонами внутри ядра. Возможность последовательных столкнове-

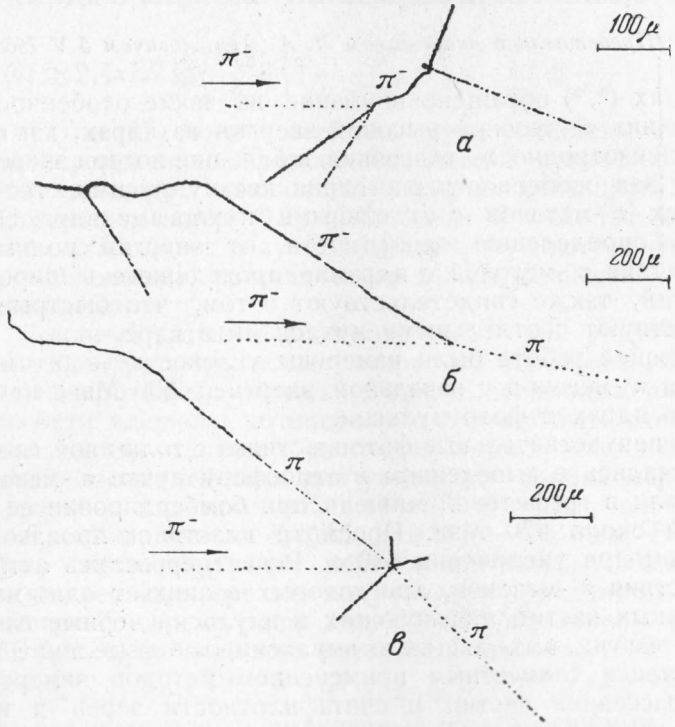


Рис. 1. Микропроекции актов взаимодействия π^--мезонов с ядрами в фотоэмульсии: *а* — неупругое рассеяние, сопровождающееся большой потерей энергии первичного мезона; *б*, *в* — образование заряженных π-мезонов

ний вытекает из большой величины полного сечения рассеяния π^+- и π^--мезонов на водороде ([4]) (или в предположении зарядовой симметрии, соответственно π^-- и π^+-мезонов на нейтронах) в интервале энергий 100—200 Мэв. Именно в этом интервале энергий π^--мезоны вовлекаются в процесс последовательных столкновений с нуклонами внутри ядра. При этом в угловом распределении π^--мезонов, вылетевших из ядер после нескольких последовательных столкновений, должны, повидимому, сохраниться некоторые характерные особенности рассеяния π-мезонов на свободных нуклонах. В основном должны проявляться особенности углового распределения, имеющие место при рассеянии π^--мезонов на нейтронах, поскольку наблюдаемые нами случаи обусловлены главным образом рассеянием π^--мезонов на нейтронах внутри ядра. Последнее утверждение станет понятным, если учесть, во-первых, известное соотношение между сечениями $\sigma_{(\pi^+p,\,\pi^+p)} : \sigma_{(\pi^-p,\,\pi^-p)} \cong 9:1$ для энергий около 200 Мэв и, во-вторых,

равенство сечений $\sigma_{(\pi^+p,\,\pi^+p)} = \sigma_{(\pi^-n,\,\pi^-n)}$, вытекающее из гипотезы зарядовой симметрии.

Особенностью углового распределения π^+-мезонов, рассеянных протонами, является ясно выраженная неизотропность с преобладающим рассеянием π^+-мезонов вперед и назад. Такая же картина должна сохраняться и в случае рассеяния π^--мезонов на ядрах, внутри которых происходит несколько столкновений налетающего мезона с нуклонами. При этом последовательные столкновения мезонов должны привести к некоторой размытости углового распределения по сравнению с угловым распределением π^+-мезонов, рассеянных на свободных протонах.

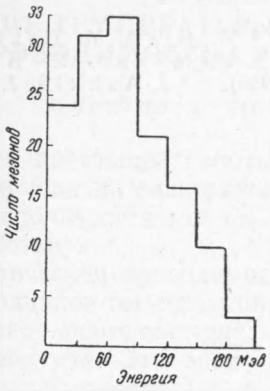


Рис. 2. Энергетическое распределение неупругорассеянных π^--мезонов

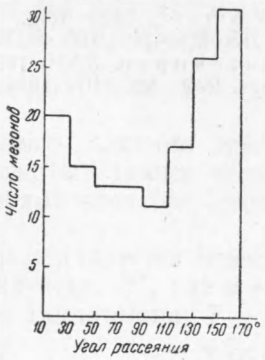


Рис. 3. Угловое распределение неупруго рассеянных π^--мезонов

Угловое распределение, полученное в настоящей работе, представлено на рис. 3. Исходя из проведенных рассуждений, можно утверждать, что оно не противоречит предположению о наличии последовательных столкновений π^--мезона с нуклонами в ядре.

Среди 4900 взаимодействий π^--мезонов с ядрами обнаружено два случая рождения заряженных π-мезонов. Эти акты были идентифицированы по наличию в звездах среди вторичных частиц двух π-мезонов. В одном из случаев (рис. 1*б*) вторичная частица имеет остаточный пробег 1240 μ и в конце своего пробега образует звезду. Следовательно, эта частица является отрицательным π-мезоном с энергией 7 Мэв. Второй π-мезон выходит из слоя эмульсии, пройдя в нем около 2 мм. Измерения многократного рассеяния и плотности зерен показали, что он имеет энергию 110 ± 17 Мэв. Ввиду отсутствия следов других заряженных частиц можно полагать, что рождение π-мезона произошло на свободном протоне в эмульсии по схеме:

$$\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n.$$

Оценка энергетического баланса реакции не противоречит предлагаемой схеме.

Во втором случае (рис. 1 *в*) оба мезона покидают слой эмульсии. Один из них проходит путь около 2 мм и перед выходом из эмульсии испытывает сильное рассеяние, хорошо наблюдаемое визуально. Это обстоятельство указывает на то, что мезон почти полностью потерял свою энергию, которая в момент испускания была равна около 12 Мэв. Второй π-мезон покидает слой эмульсии после прохождения в нем пути 2,5 мм; его энергия по измерениям многократного рассеяния и плотности зерен определена равной 85 ± 12 Мэв. Поскольку нам не представлялось возможным определить эффективность регистрации подобных процессов, то на основании двух обнаруженных

случаев была оценена только нижняя граница сечения для процесса образования π^--мезонами с энергией 300 Мэв заряженных π-мезонов на ядрах элементов, входящих в состав фотоэмульсии. Нижняя граница оказалась по порядку величины равной 10^{-28} см^2.

В заключение выражаем благодарность чл.-корр. АН СССР М. Г. Мещерякову за руководство работой.

Институт ядерных проблем
Академии наук СССР

Поступило
3 V 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Morrish, Phil. Mag., **45**, 47 (1954). [2] M. Blau, M. Caulton, Phys. Rev., **96**, 150 (1954). [3] А. Е. Игнатенко, А. И. Мухин, Е. Б. Озеров, Б. М. Понтекорво, ДАН, **103**, №№ 1, 2 и 3 (1955). [4] J. Ashkin, J. P. Blaser et al., Phys. Rev., **96**, 1104 (1954).