Доклады Академии наук СССР
1955. Том 103, № 1

ФИЗИКА

А. Е. ИГНАТЕНКО, А. И. МУХИН, Е. Б. ОЗЕРОВ и Б. М. ПОНТЕКОРВО

ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ π-МЕЗОНОВ С ВОДОРОДОМ В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ ОТ 140 ДО 400 МЭВ*

(Представлено академиком Л. А. Арцимовичем 17 V 1955)

Знание полных сечений взаимодействия π-мезонов с водородом представляет большой интерес для выяснения характера взаимодействия π-мезонов с нуклонами. Ввиду того, что энергетическая зависимость $f(E)$ полных сечений $\sigma_t(\pi^-, p)$ в широком интервале энергии может быть получена с хорошей точностью в сравнительно короткое время, а опыты по угловым распределениям фактически выполнимы лишь при очень ограниченном числе значений энергии мезонов, знание $\sigma_t(\pi^-, p) = f(E)$ необходимо также и для интерпретации совокупности данных по угловым распределениям.

Как известно, первые измерения полных сечений взаимодействия π-мезонов с водородом, охватившие большой интервал энергий, были выполнены Андерсоном, Ферми и др. ([2]). В интервале энергий от 130 до 260 Мэв наиболее точные сведения о полных сечениях взаимодействия π-мезонов с водородом были получены в последнее время Ашкиным и др. ([3]). Область энергий от 260 до 400 Мэв до настоящего времени не была исследована**.

Наличие в Институте ядерных проблем АН СССР хорошо коллимированных моноэнергетических пучков мезонов ([5]) позволило произвести точные измерения полных сечений взаимодействия π^--мезонов с водородом в интервале энергий от 140 до 400 Мэв. Определение полных сечений производилось по измерению ослабления пучка мезонов, проходящих через рассеиватель. В опытах использовался разностный метод ($CH_2 - C$).

Мезоны рождались на мишени из графита толщиной 3 мм при бомбардировке ее протонами с энергией ~670 Мэв (рис. 1). Затем они анализировались по энергии рассеянным магнитным полем ускорителя и попадали в один из трех каналов, сделанных в 3-метровой железной защите. Каналы сделаны таким образом, что в каждом из них можно получить мезоны в широком интервале энергий. В каждом конкретном случае энергия однозначно задается положением мишени в камере синхроциклотрона. Пройдя через установленный в канале коллиматор (диаметр коллиматора равен 8 см), мезоны отклонялись вспомогательным магнитом на угол 30° от направления их первоначального движения, проходили через дополнительный латунный коллиматор и регистрировались системой 4 сцинтилляционных счетчиков, установленных строго по оси пучка. Эта система состояла из теле-

* Это сообщение основано на результатах работы, выполненной в 1954 г. и описанной ранее в отчете Института ядерных проблем АН СССР ([1]).

** Имеется только одно измерение ([4]) при энергии 340 Мэв с ошибкой около 50%.

скопа трех сцинтилляционных счетчиков (*1*, *2*, *3*), выделявшего падающий на рассеиватель пучок мезонов, и четвертого сцинтилляционного счетчика (*4*), регистрировавшего мезоны, прошедшие через рассеиватель. Геометрия опытов представлена на рис. 2. В опытах использовались интенсивности потоков мезонов от ~ 2 до ~ 200 см$^{-2}\cdot$сек$^{-1}$.

В качестве рассеивателей использовались парафин, полиэтилен и графит, причем толщина первых двух была около 8,2 г/см^2, а последнего около 7 г/см^2. Количество ядер углерода на 1 см^2 во всех образцах было одинаково. Первые три сцинтиллятора имели диаметр 3 см и толщину 4 мм, диаметр последнего сцинтиллятора был равен 10 см при толщине 8 мм. Сцинтилляторы представляли собой тонкостенные контейнеры из плексигласа, заполненные раствором терфенила в фенилциклогексане.

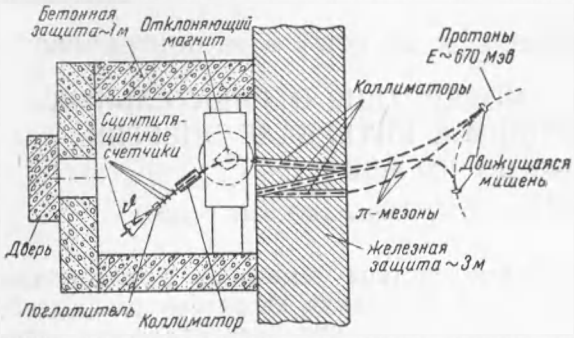


Рис. 1. Схема опыта

В опытах регистрировались быстрыми пересчетами тройные совпадения (*1*, *2*, *3*) и четверные совпадения (*1*, *2*, *3*, *4*). Время разрешения схем совпадения было около $1{,}5\cdot 10^{-8}$ сек.

Для определения энергии в каждом опыте снималась кривая поглощения мезонов в меди. В найденный по кривой поглощения пробег вносилась поправка, учитывающая многократное кулоновское рассеяние мезонов в поглотителе. По кривым поглощения определялась также примесь μ^--мезонов. Результаты опытов представлены в табл. 1.

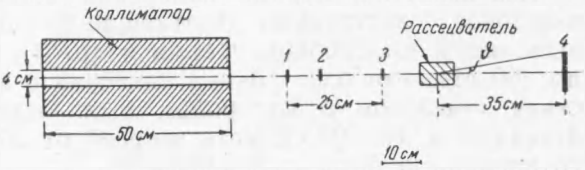


Рис. 2. Геометрия опыта

В первом столбце приведены энергии π-мезонов в центре рассеивателя. Указанная неопределенность в энергии возникает, главным образом, из-за торможения мезонов в образцах, неточности определения пробегов, а также начальной неоднородности пучков по энергии. Последняя, как показали анализ кривых поглощения и контрольные магнитные измерения, не превышала ± 2 Мэв.

Во втором столбце даны полные сечения взаимодействия π^--мезонов с водородом после внесения в них наиболее существенных поправок. Эти поправки учитывали:

1. Примесь μ^--мезонов. В пучках разных энергий эта примесь была неодинаковой и менялась от $(3\pm 1{,}5)$ до (9 ± 3) %. Наибольшее количество μ^--мезонов было в пучках с энергиями 147 Мэв (9%) и 263 Мэв (6%), которые были получены торможением из пучков бо́льших энергий. Принималось, что взаимодействие μ-мезонов с водородом обусловлено только кулоновскими силами.

2. Случайные совпадения (не превышали 0,5% при максимальном уровне фона от ускорителя).

3. Просчеты в регистрирующей системе. Поправка составляла $(9{,}3\pm 1{,}4)$% для пучка с энергией 140 Мэв и $(4{,}5\pm 0{,}7)$% для пучка с энергией 290 Мэв. Во всех остальных случаях она была много меньше.

4. Рассеянные мезоны и протоны отдачи, попадающие в угол регистрации последнего детектора. Поправка составляла $(2 \pm 1)\%$.

В приведенных в таблице погрешностях измерения учтены как статистические ошибки, так и все неопределенности, возникающие при внесении перечисленных выше поправок.

Из результатов проведенных измерений видно, что в энергетической зависимости $\sigma_t(\pi^-, p)$ имеется максимум (о чем сообщалось ранее ([3])) при энергии, близкой к 190 Мэв. После максимума быстрое уменьшение $\sigma_t(\pi^-, p)$ продолжается до ~ 300 Мэв. При дальнейшем увеличении энергии вплоть до 400 Мэв сечение в пределах ошибок опыта остается постоянным и равно $26 \cdot 10^{-27}$ см^2.

Величина сечения вблизи 200 Мэв равна $^8/_3\pi\lambda\!\!\!^{-2}$ (где $\lambda\!\!\!^{-}$ — длина волны де-Бройля для мезона в системе центра масс), т. е. равна максимально возможному сечению взаимодействия отрицательных π-мезонов с водородом в состоянии $P_{3/2}$ с изотопическим спином $T = {}^3/_2$, что подтверждает точно такой же вывод Ашкина и др.

Из данных по полным сечениям нельзя сделать определенного заключения о резонансном характере максимума, однако можно утверждать, что если резонанс имеется, то он должен находиться вблизи 200 Мэв, причем вклады других состояний в сечение должны быть очень малы.

Таблица 1

Энергия π^--мезонов (Мэв)	Полное сечение $\sigma_t(\pi^-, p)$, (10^{-27} см^2)
140 ± 7	$44{,}3 \pm 2{,}7$
184 ± 7	$65{,}7 \pm 2{,}4$
197 ± 7	$71{,}2 \pm 2{,}5$
216 ± 7	$57{,}3 \pm 2{,}5$
226 ± 7	$53{,}3 \pm 2{,}0$
256 ± 7	$37{,}5 \pm 1{,}9$
290 ± 7	$33{,}9 \pm 1{,}1$
335 ± 7	$25{,}7 \pm 1{,}0$
363 ± 7	$26{,}5 \pm 1{,}6$
393 ± 7	$25{,}9 \pm 2{,}7$

В заключении считаем своим приятным долгом выразить благодарность А. В. Честному и Б. И. Замолодчикову за ряд ценных предложений по оборудованию лаборатории, предназначенной для работы с мезонными пучками.

Институт ядерных проблем
Академии наук СССР

Поступило
17 V 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] А. Е. Игнатенко, А. И. Мухин, Е. Б. Озеров, Г. М. Понтекорво, Отчет Инст. ядерн. проблем АН СССР, 1954. [2] H. L. Anderson, E. Fermi, E. A. Long, R. Martin, D. E. Nagle, Phys. Rev., **85**, 934 (1952). [3] J. Ashkin, J. P. Blaser, F. Feiner, J. G. Gorman, M. O. Stern, Phys. Rev., **93**, 1129 (1954). [4] L. C. L. Yuan, S. J. Lindenbaum, Bull. Am. Phys. Soc., **28**, No. 6, 11 (1953). [5] А. Е. Игнатенко, В. В. Кривицкий, А. И. Мухин, Б. М. Понтекорво, А. А. Реут, Отчет Инст. ядер. проблем АН СССР, 1954.