

П-312

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2780



В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, А.И. Филиппов

ПЕРЕЗАРЯДКА ОСТАНОВИВШИХСЯ π^- -МЕЗОНОВ
НА ЛЕГКИХ ЯДРАХ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

1966

P - 2780

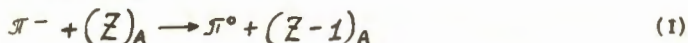
В.И. Петрухин, Ю.Д. Прокошкин, А.И. Филиппов

ПЕРЕЗАРЯДКА ОСТАНОВИВШИХСЯ π -МЕЗОНОВ
НА ЛЕГКИХ ЯДРАХ

4338/2 мр.

Объединенный институт
ядерной энергии
С. ПЕТЕРБУРГ

В нашей предыдущей работе^{/1/} было показано, что перезарядка остановившихся π^- -мезонов на сложных ядрах



резко подавлена. Для ядер с зарядом $Z \gg 13$ вероятность перезарядки не превышает $5 \cdot 10^{-5}$. Целью настоящей работы являлось исследование возможности реакции (1) на легких ядрах. Для исследования были выбраны ядра B^{10} , N^{14} , Cl^{35} , которые в отличие от ранее изученных^{/1/} Li^7 , Be^9 , C^{12} имеют известные изобары с массами m_{Z-1} , удовлетворяющими соотношению

$$\Delta m = m_Z - m_{Z-1} + m_{\pi^-} - m_{\pi^0} > 0. \quad (2)$$

Величина, стоящая в левой части неравенства (2), для B^{10} , N^{14} и Cl^{35} равна соответственно 3,5; 3,9 и 3,9 Мэв, так что реакция (1) на этих ядрах оказывается энергетически возможной. Были проведены также измерения вероятности перезарядки на ядре He^3 ($\Delta m = 4,1$ Мэв)



исследовавшейся ранее Займидорогой и др.^{/2/}

Эксперименты были выполнены на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Для наблюдения реакции (1) использована установка, применявшаяся в предыдущей работе^{/1/}. Методика измерений была аналогичной. Перезарядка на ядре B^{10} изучалась с мишенью из изотопически чистого бора с $A = 10$. Исследование перезарядки в гелии было выполнено с использованием газовой мишени высокого давления. В случае азота применялись как газовая, так и жидкоазотная мишени. Перезарядка в хлоре-35 изучалась с мишенью из $LiCl$, где большинство остановившихся мезонов захватывается хлором^{/3,5/}. Доля Cl^{35} в естественной смеси изотопов хлора составляет 75,4%.

Перезарядка (1) наблюдалась только на одном из перечисленных выше ядер He^3 . Для остальных ядер получены верхние граничные оценки вероятности перезарядки

W_{\max} — см. таблицу. В таблице приведены также результаты контрольного эксперимента, когда газовая мишень вместо He^3 была наполнена He^4 , для которого реакция (1) запрещена законом сохранения энергии.

Таблица

Мишень	B^{10}	N^{14} (газ)	N^{14} (жидк)	$Al^{27} / ^{12}$	$LiCl$	$Cl^{35} He^4$ (газ)
$W_{\max}, 10^{-4}$	0,8	8	1,0	0,5	0,6	1,0

Вероятность реакции (3) была определена относительным методом — путем сравнения скоростей счета пар γ -квантов от распада π^0 -мезонов, образующихся в газовой мишени, наполнявшейся попеременно гелием-3 и водородом. В предварительных опытах с водородом было показано, что эта скорость счета линейно изменяется с плотностью газа в мишени. Сравнение выходов пар γ -квантов производилось при плотностях газов, соответствующих одинаковым тормозным способностям, и следовательно, одинаковому числу остановок π^- -мезонов (тормозные способности водорода и гелия-3 отличаются в 1,69 раза).

Отношение скоростей счета пар γ -квантов $N_{\gamma\gamma}$, образованных в гелии-3 и водороде при остановке π^- -мезонов, получено равным

$$N_{\gamma\gamma}(He^3)/N_{\gamma\gamma}(H^2) = 0,248 \pm 0,018.$$

Для определения отношения скоростей счета образующихся в мишенях π^0 -мезонов в приведенное выше отношение была введена поправка (3%), учитывающая различие угловых корреляций γ -квантов в реакциях (1), протекающих на водороде и гелии-3. Нормируя это отношение на вероятность реакции $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n$, равную $0,605 \pm 0,008^{14/}$, получаем вероятность реакции (3):

$$W(\pi^- - He^3 \rightarrow \pi^0 - H^3) = 0,150 \pm 0,012.$$

Эта величина находится в согласии с полученным ранее^{12/} значением $0,158 \pm 0,008$.

В случае B^{10} реакция (1) сопровождается большим изменением момента ядра ($3^+ \rightarrow 0^+$). Захват π^- -мезонов в s -состоянии оказывается запрещенным законом сохранения момента и четности. Наиболее интенсивный разрешенный переход соответствует захвату π^- -мезона в p -состоянии и образованию π^0 -мезона в f -состоянии. Захват π^- -мезона бором в p -состоянии протекает достаточно интенсивно (40%^{15/}), однако из-за большой величины орбитального момента в конечном состоянии ($\ell = 3$) реакция (1) подавлена до уровня 10^{-4} (фактор подавления $\approx (\Delta m/m_p)^\ell$). Следует также учесть конкурирующие процессы развала ядра — в случае He^3 они уменьшают вероятность перезарядки W на порядок величины (см. выше), и можно ожидать,

что с ростом числа нуклонов в ядре A этот фактор возрастает $\sim A$. Таким образом, учет только перечисленных выше факторов приводит в случае B^{10} к величине W , не превышающей 10^{-5} .

В реакции $\pi^- + N^{14} \rightarrow \pi^0 + C^{14}$ s -переход также оказывается запрещенным, и основным является переход из p -состояния в p -состояние. π^- -мезоны интенсивно захватываются азотом в p -состоянии (85%^{1/5/}), однако остальные обсуждавшиеся выше факторы уменьшают величину W до уровня 10^{-3} . В действительности величина W должна быть еще намного меньшей, так как переход $N^{14} \rightarrow C^{14}$ сопровождается значительной перестройкой ядра и матричный элемент перехода очень мал^{1/5/} ($\lg ft = 9$).

Аналогичным образом протекает перезарядка π^- -мезонов на ядре Al^{27} (основной переход $p \rightarrow p$). Однако в этом случае реакция (1) подавлена еще на порядок величины из-за большой разности масс начального и конечного ядра.

В случае Cl^{35} условия для перезарядки π^- -мезона оказываются более благоприятными, так как реакция (1) протекает без изменения момента ядра ($3/2^+ \rightarrow 3/2^+$) и переход в конечное s -состояние оказывается разрешенным. Однако основными переходами являются $s \rightarrow s$ и $d \rightarrow s$ -переходы, а вероятность захвата π^- -мезона в s - и d -состояниях составляет всего 1%^{1/5/}. Учет развала ядра уменьшает величину W до уровня 10^{-4} , что находится в непосредственной близости от полученной нами верхней граничной оценки.

В заключение пользуемся случаем поблагодарить С.С. Герштейна и О.А. Займидрогоу за полезные обсуждения.

Литература

1. В.И. Петрухин Ю.Д. Прокошкин. Препринт ОИЯИ, Р-1470, Дубна (1963);
V.I.Petrukhin, Yu.D.Prokoshkin, Nucl.Phys. 54, 414 (1963).
2. О.А. Займидрого, М.М. Кулюкин, Р.М. Судяев, И.В. Фаломкин, А.И. Филиппов,
В.М. Цупко-Сятников, Ю.А. Шербаков. ЖЭТФ, 48, 1287 (1965).
3. В.Д. Бобров, В.Г. Варламов, Ю.М. Грашин, Б.А. Долгошеин, В.Г. Кириллов-Угрюмов,
В.С. Рогозов, А.В. Самойлов, С.В. Сомов. ЖЭТФ, 48, 1187 (1965). Здесь же см. ссылки на предыдущие работы.
4. V.T.Cocconi, T.Fazzini, G.Fidecaro, M.Legros, N.H.Lipman, A.W.Merrison,
Nuovo Cim., 22, 494 (1961).
5. M.Stearns, M.B.Stearns. Phys.Rev., 107, 1709 (1957). M.B.Stearns, M.Stearns,
L.Lepuner, Phys.Rev., 108, 445 (1957).
6. W.Hornyaq, T.Lauritsen, P.Morrison, W.Fowler. Rev.Mod.Phys., 22, 291 (1950).

Рукопись поступила в издательский отдел
10 июня 1966 г.